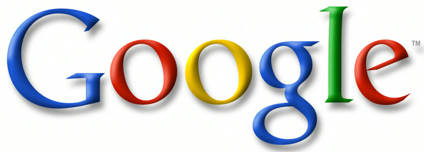
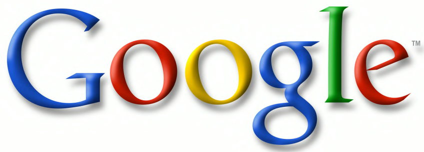
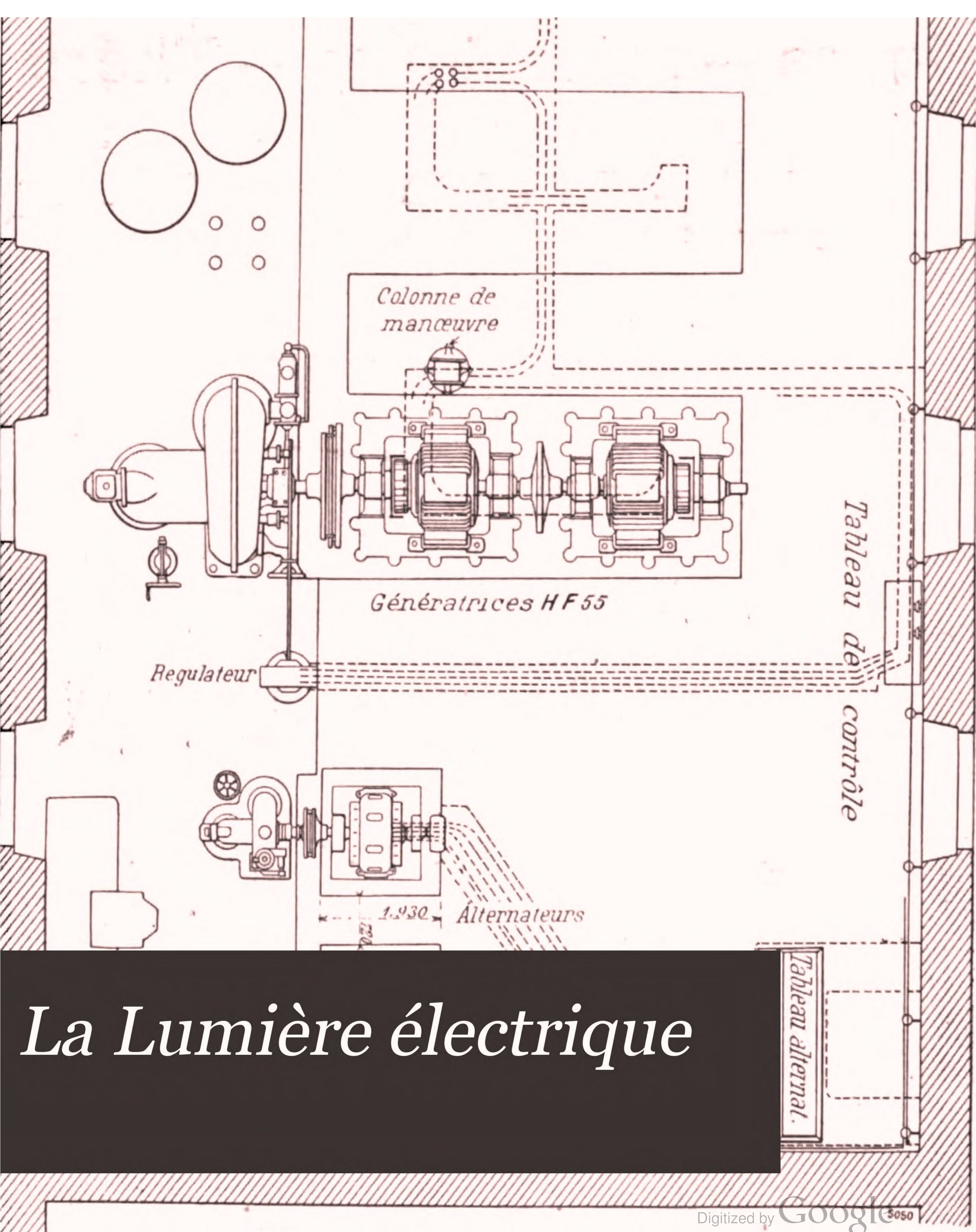
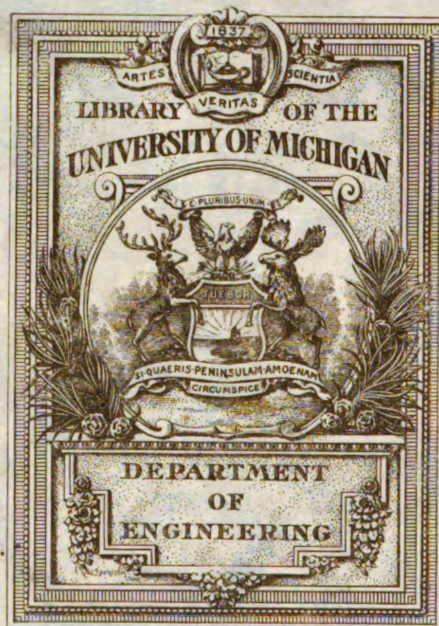


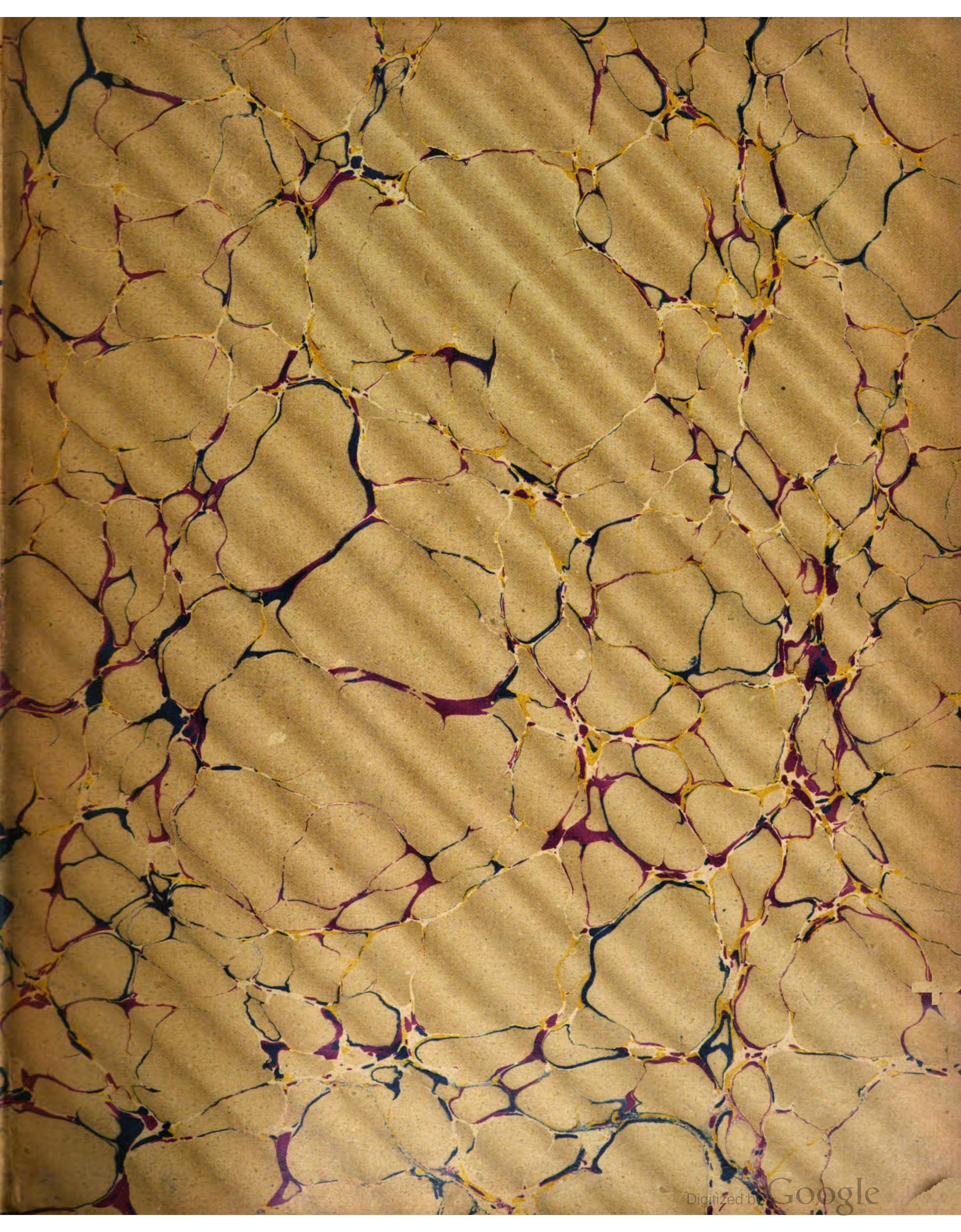




La Lumière électrique



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

**

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

DIRECTION SCIENTIFIQUE

A. D'ARSONVAL
PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE,
MEMBRE DE L'INSTITUT.

✝ A. CORNU
PROFESSEUR A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
MEMBRE DE L'INSTITUT.

G. LIPPMANN
PROFESSEUR A LA SORBONNE,
MEMBRE DE L'INSTITUT.

D. MONNIER
PROFESSEUR A L'ÉCOLE CENTRALE
DES ARTS ET MANUFACTURES.

H. POINCARÉ
PROFESSEUR A LA SORBONNE,
MEMBRE DE L'INSTITUT.

A. POTIER
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES MINES,
MEMBRE DE L'INSTITUT.

A. WITZ
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES,
PROFESSEUR A LA FACULTÉ LIBRE DES SCIENCES DE LILLE.

J. BLONDIN
AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ
PROFESSEUR AU COLLÈGE ROLLIN.

TOME XXXII

3e TRIMESTRE 1902

PARIS

C. NAUD, ÉDITEUR

3, RUE RACINE, 3

Tome XXXII. Samedi 5 Juillet 1902. 9e Année. — N° 27.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LA POMPE EXPRESS RIEDLER

L'apparition signalée ici même, en son temps (1), de la pompe système Riedler, qualifiée d'une manière très juste et très imagée par les Américains « Pompe Express », a coïncidé avec le besoin caractéristique à notre époque de machines rapides peu encombrantes et peu coûteuses. Tandis que la vitesse des machines à vapeur était accrue, qu'on perfectionnait de nombreux modèles de moteurs rapides, moteurs à gaz, moteurs à pétrole, etc., les pompes à piston étaient restées des machines lentes tournant à environ 70 tours à la minute, avec des vitesses linéaires de piston inférieures à un mètre. Il en est résulté que, pendant de longues années, les moteurs rapides restaient sans emploi pratique pour la commande des pompes dans un grand nombre de cas où ils étaient particulièrement indiqués. C'est ce qui se produisait chaque fois que la place pour les installations était très limitée, comme dans les épuisements d'eau de mine ou dans les installations hydrauliques des villes. En particulier ce manque de pompes rapides arrêtait, dans ces divers cas, l'extension de l'emploi si rationnel et si avantageux des électro-moteurs à vitesse normale.

Les perfectionnements, si remarquables soient-ils, effectués dans la construction des pompes rotatives ou centrifuges, n'ont pas résolu suffisamment la difficulté, car la puissance de refoulement de ces dernières est trop limitée et leur rendement encore insuffisant.

Le problème de l'augmentation de vitesse des pompes à mouvement alternatif en vue de l'accouplement direct avec les moteurs rapides s'est donc posé de lui-même ; mais sa solution a donné lieu à de laborieuses recherches.

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXV, p. 71, 13 octobre 1900.

Il est intéressant de voir, au moins succinctement, par quelles phases est passée la question avant de trouver une solution toute nouvelle avec la pompe express Riedler.

L'écart de vitesse entre les pompes et les moteurs était si considérable que l'on n'a pu songer tout d'abord qu'à mieux agencer les transmissions, qu'à simplifier les multiples trains d'engrenages, lourds, encombrants et d'un très mauvais rendement, employés jusque-là.

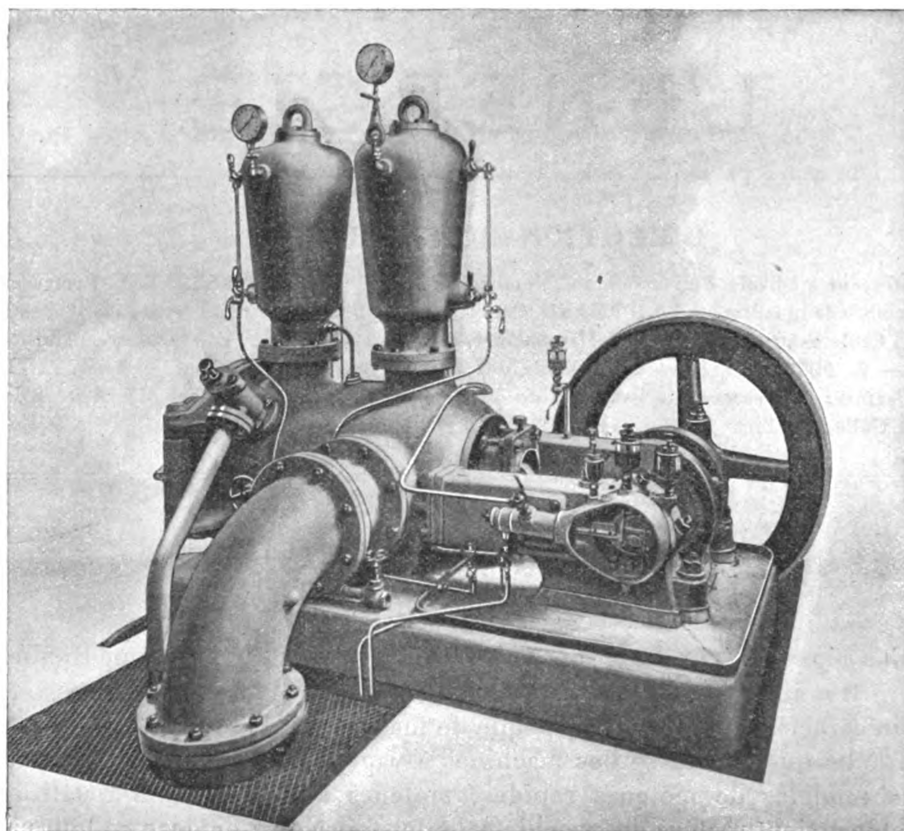


Fig. 1. — Ensemble d'une pompe express Riedler.

On essaya ensuite de tourner la difficulté en conservant à peu près les vitesses usuelles des pompes et en créant des moteurs électriques tournant à ces vitesses. Sans doute, il est toujours possible de construire de semblables moteurs, mais c'est une solution très onéreuse pour les faibles puissances et le rendement est inférieur à celui des moteurs normaux. Pour les installations moyennes, tout au moins, cette solution n'est pas à retenir.

En fait, le résultat, dans un cas comme dans l'autre, ne pouvait être que déplorable au point de vue économique. Employait-on un électro-moteur à vitesse ralentie, son prix augmentait très sensiblement ; installait-on des engrenages, on consommait en pure perte dans les cas les moins défavorables 15 à 20 p. 100 de la puissance, et comme l'encombrement et le poids de l'ensemble augmentaient, le prix des bâtiments et des fondations faisait dépasser très notablement le coût de l'installation avec moteur ralenti.

Ces tâtonnements n'ont pas été absolument inutiles au point de vue de l'art de la construction des pompes ; ils ont conduit à des perfectionnements indiscutables. Au moyen de

soupapes à fermeture forcée, commandées comme des tiroirs de machine à vapeur, on a pu atteindre des vitesses de 80 et 100 tours par minute. Ces pompes, dites à soupapes com-

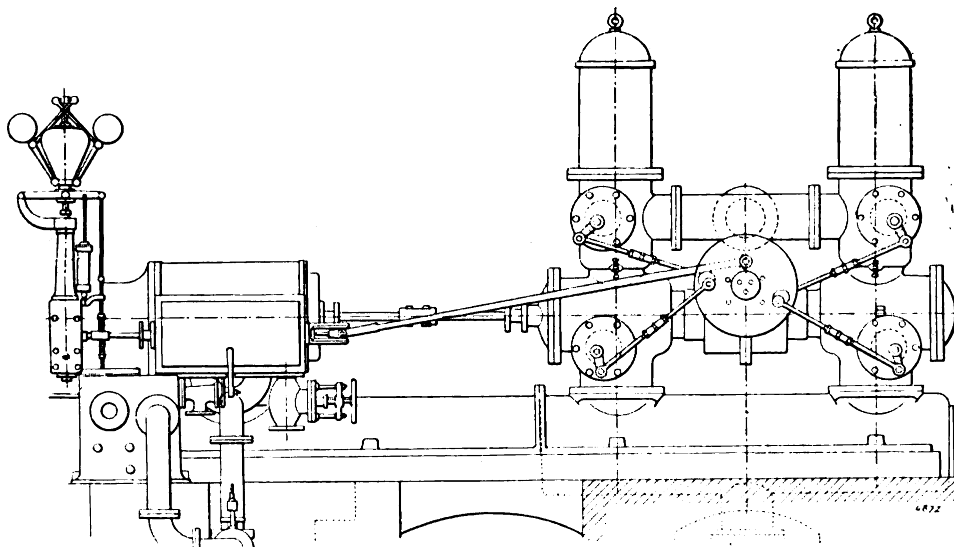
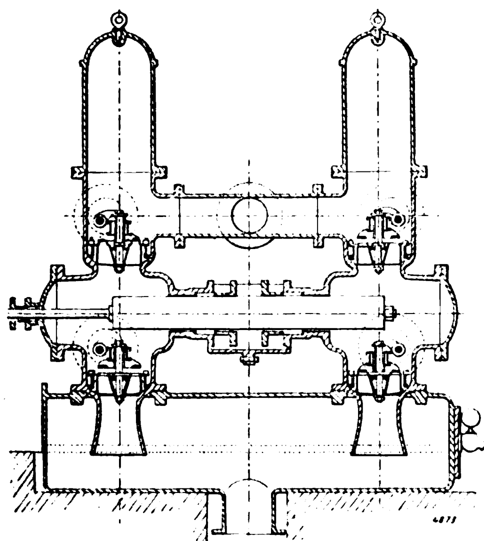


Fig. 2. — Pompe à soupapes commandées.

mandées, sont assez nombreuses et ont constitué, lors de leur apparition, un très grand progrès.

Parmi les machines de ce genre, installées depuis une quinzaine d'années, on peut citer



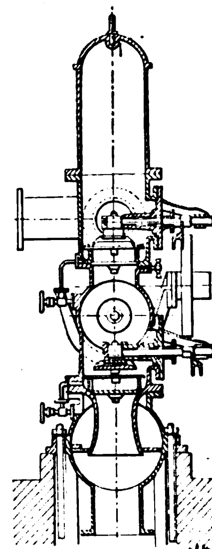


Fig. 3. Coupes diverses de la figure 2. Fig. 4.

notamment une série de pompes employées dans les mines de l'Afrique du Sud (mines de Johannesburg, de Beers, etc.), débitant environ 1 500 litres sous 500 m de pression à une vitesse de 90 tours.

Les figures 2, 3, 4 et 5 montrent l'aspect et l'installation d'une de ces pompes qui rappellent beaucoup la machine à vapeur Corliss.

Malheureusement, la complication de la commande des soupapes et leur difficulté d'accès diminuaient, dans une mesure très sensible, la valeur du résultat obtenu.

La solution du problème a fait un pas décisif avec la nouvelle pompe du professeur Riedler.

La pompe express Riedler est une pompe à piston plongeur dont la manivelle tourne normalement à une vitesse de 150 à 250 tours, et qui peut, par suite, s'accoupler directement avec les électro-moteurs ou les machines à vapeur à grande vitesse. De cette grande vitesse, propriété fondamentale de la pompe Riedler, résulte un poids et un encombrement réduits au minimum et, comme conséquence, une diminution des frais d'installation de toute nature.

On peut, par quelques chiffres, se rendre compte du progrès réalisé au point de vue de l'encombrement : pour un débit de 1 200 litres à la minute, une pompe ordinaire, tournant à 60 tours, aurait un piston de 0,26 m avec une course de 0,40 m : en général, on serait amené à employer une pompe double. Une pompe Riedler à un seul corps, tournant à 250 tours, aurait, pour un même débit, un piston de 0,18 m et une course de 0,20 m.

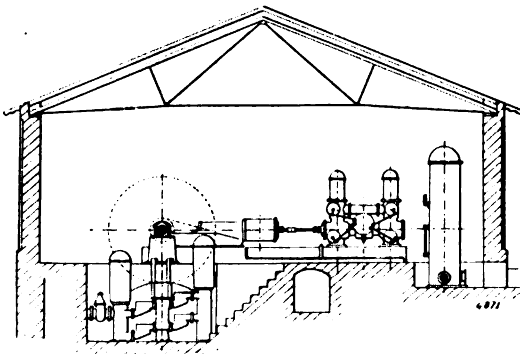


Fig. 5.

Les premiers essais furent entrepris en 1898, sur l'initiative des grandes compagnies minières allemandes, la Compagnie des salines Ducales de Léopoldshall, la Société de Mansfeld et la Société minière d'Eschweiler, et aboutirent, de la façon la plus heureuse, à la création du type actuel. Ces essais, poursuivis pendant près d'un an, d'une manière tout à fait systématique, ont d'abord été exécutés dans le laboratoire de l'École technique supérieure de Berlin, puis sur des pompes installées aux lieux d'utilisation, dans les conditions mêmes de la pratique.

Ils avaient pour but d'établir :

1° Comment se comportent les masses d'eau, les soupapes des pompes et le mécanisme de commande, soit à la vitesse normale, soit à vitesse accélérée et sous des hauteurs d'aspiration variables.

2° Comment se comportent, dans les mêmes circonstances, les garnitures des pistons et des soupapes ainsi que les différents dispositifs accessoires des pompes.

Les rapports présentés à la suite de cette série d'épreuves sont très documentés. Leur analyse sortirait du cadre de cet article ; mais, on doit remarquer que toutes les dispositions auxquelles on s'est arrêté aujourd'hui, et sur lesquelles nous insistons d'autre part, sont le résultat de la critique attentive des indications fournies par ces expériences, les unes n'étant que le perfectionnement de ce qui avait été primitivement adopté, les autres suggérées par les remarques faites au cours des essais.

Toutefois nous extraierons de ces rapports quelques considérations relatives à l'élasticité de marche des pompes Riedler.

Les pompes, devant marcher normalement à 200 tours, ont été poussées jusqu'à 350 tours sans qu'il en soit résulté de perturbations ni de diminution sensible du rendement volumétrique.

On s'est particulièrement préoccupé du démarrage à pleine charge, et de nombreux essais, toujours suivis d'un plein succès, ont été effectués à ce sujet.

D'autre part, au cours des épreuves, un mécanicien inexpérimenté fit démarrer la pompe à pleine vitesse sous pleine charge, et, malgré cela, elle continua à fonctionner normalement, car aucun dérangement appréciable ne s'était produit. Sans doute ce procédé n'est pas à adopter en service courant, mais on peut conclure de cet incident en faveur de la bonne organisation de la machine.

Nous allons exposer comment ont pu être réalisées ces vitesses qui sont le triple des vitesses ordinaires, et indiquer les caractères les plus saillants des pompes Riedler.

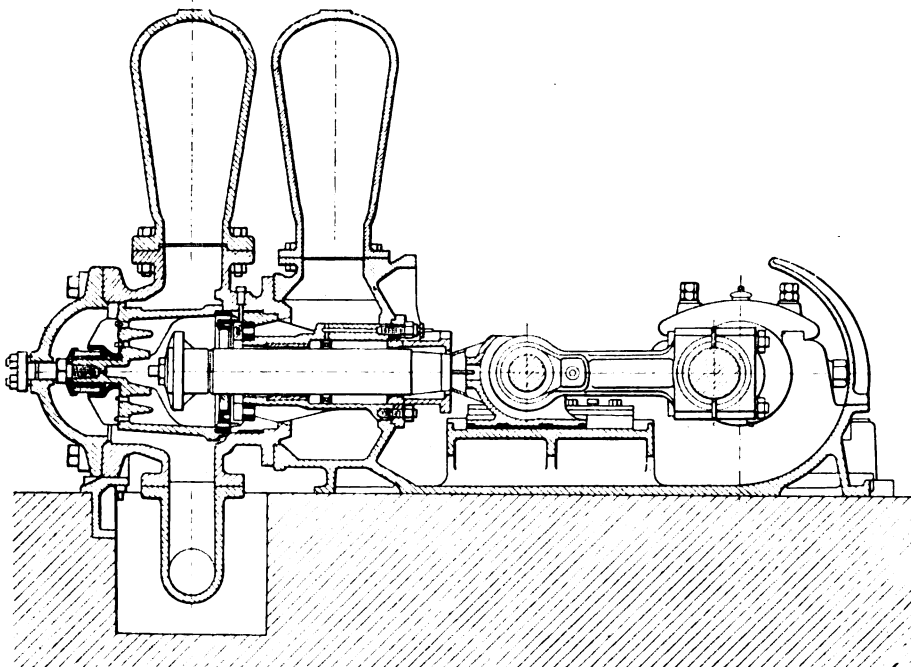


Fig. 6. — Pompe express Riedler. Coupe longitudinale.

Les figures 6 et 7 montrent l'ensemble d'une pompe express Riedler d'exhaure, capable d'élever 600 litres sous 200 mètres de pression avec une vitesse de 250 tours.

Le dispositif (brevets Riedler) [1] le plus essentiel est destiné à assurer un fonctionnement régulier de l'aspiration.

A grande vitesse, en effet, on pouvait craindre un remplissage incomplet du corps de pompe à chaque course, ce qui aurait pu amener un désamorçage partiel ou, tout au moins, une diminution sensible du rendement volumétrique. De plus, il était nécessaire d'assurer d'une façon absolument sûre, la fermeture en temps utile, de la soupape d'aspiration.

Dans ce but, la chambre à air d'aspiration est disposée au-dessus du niveau de la soupape et un vide partiel y est obtenu au moyen d'une pompe qui sert, en même temps, à comprimer de l'air dans la chambre de refoulement. L'eau s'y maintient constamment à une hauteur déterminée, qui dépend, du degré du vide et de la hauteur d'aspiration. La pompe fonctionne toujours en quelque sorte sous une charge artificielle. Le corps de pompe se

(1) Brevets français, n° 275 391 et n° 288 244.

***

remplit à la fois par en bas au moyen de l'eau affluant du tuyau d'aspiration et par en haut au moyen de celle qui est contenue dans la chambre et s'écoule par son propre poids. Il se passe là quelque chose d'analogue au débit de l'eau dans une canalisation hydraulique comprenant des pompes et des accumulateurs ou dans une installation électrique avec dynamos et accumulateurs. Dans les deux cas, les accumulateurs suppléent à un moment donné à l'insuffisance du débit de la génératrice ou absorbent son excès de puissance. Ici l'accumulateur, c'est la chambre d'aspiration.

La soupape d'aspiration est constituée par un anneau métallique à axe horizontal, guidé dans son siège par des nervures. Au début de la course d'aspiration elle s'ouvre librement à l'afflux de l'eau ; vers la fin la fermeture est amorcée par la tête du piston qui applique la soupape sur son siège. La figure 9 ci-après représente cette soupape.

La soupape de refoulement est automatique ; elle se compose d'un ou plusieurs anneaux

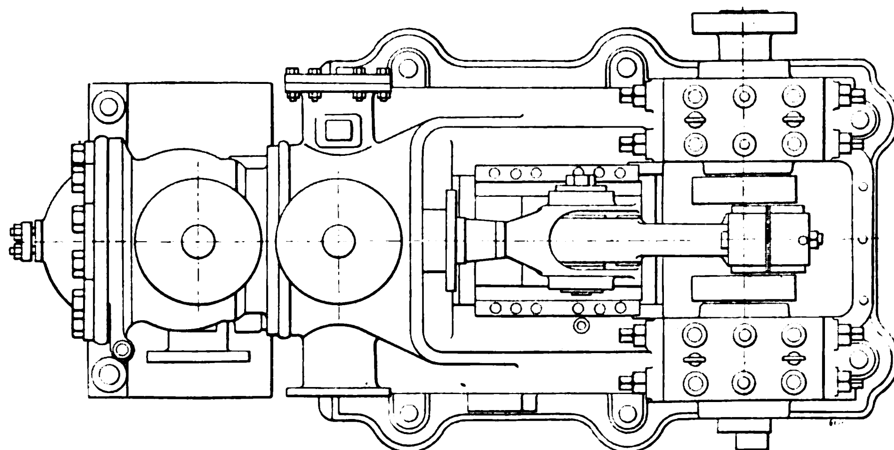


Fig. 7. — Pompe express Riedler. Vue en plan.

métalliques dont le mouvement est guidé par des nervures, tout comme la soupape d'aspiration.

La vitesse des différents types de pompes varie entre 150 et 250 tours à la minute suivant le débit, la hauteur d'aspiration et la pression de refoulement. Elle va de 150 à 250 tours pour des débits de 3 m^3 par minute, jusqu'à 250 pour des débits de 0,500 m^3 et au-dessous. Pour de très petits débits on peut encore l'augmenter. Lorsque la hauteur d'aspiration est nulle ou que la pompe fonctionne en charge réelle à l'aspiration, la vitesse peut être portée au maximum. Si cette hauteur augmente, il faut diminuer la vitesse. Enfin, à égalité de débit, les grandes vitesses correspondent aux grandes pressions et inversement.

La course du piston est prise de 100 mm à 350 mm suivant la grandeur du débit.

La suppression des trains d'engrenages a permis de faciliter l'accès des soupapes. Leur visite et leur remplacement peuvent se faire en 20 ou 30 minutes et comme elles sont très légères cette opération n'exige aucune manœuvre pénible même pour les pompes les plus puissantes.

Les figures 8 et 9 font ressortir la différence entre la soupape d'aspiration d'une grande pompe du service hydraulique de la ville de Hambourg et celle d'une pompe Riedler équivalente.

La rusticité de ces soupapes est remarquable ; dans bien des cas, elles ont fonctionné avec des eaux boueuses sans subir le moindre dérangement.

La vitesse de ces pompes correspond, pour le piston, à une vitesse linéaire moyenne de 1,50 m : s. Cette vitesse peut paraître considérable ; mais elle est sans inconvénient vu la faiblesse des masses (piston, bielle, eau, etc.) soumises au mouvement alternatif. Par voie de conséquence on a été conduit à n'utiliser que des pompes à simple effet pour des débits allant jusqu'à 2 m³ à la minute. La force vive du piston est en effet trop faible pour qu'il soit nécessaire de régulariser les efforts dans les deux sens. La construction de la pompe en est simplifiée d'autant.

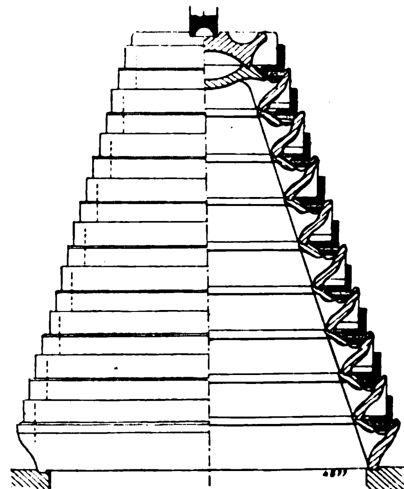


Fig. 8. — Ancienne soupape de machine de Hambourg. — Echelle : 1/20.

Le graissage est mécanique et s'obtient au moyen d'un vérin graisseur. Le presse-étoupe du piston est rafraîchi par l'eau affluant à l'aspiration. La fatigue des organes est d'ailleurs très faible, car la surface de friction du piston est réduite environ à 1/80 et son poids à 1/200 de ce qu'ils sont dans les pompes ordinaires. De plus la course étant très petite, les parties graissées ne viennent pas en contact avec le liquide.

Les rendements de la pompe express Riedler sont très remarquables. Le rendement en volume atteint normalement 95 p. 100. D'après les expériences de l'inventeur, la grande vitesse facilite l'étanchéité, l'eau n'ayant pas le temps de franchir les garnitures ou de revenir en arrière des soupapes. En fait le rendement en volume augmente avec la vitesse.

Le rendement mécanique atteint normalement 80 p. 100 et dans le cas de pompes de compression pour distribution de force hydraulique, par exemple pour des pompes d'accumulateurs travaillant de 50 à 300 kg, le rendement s'élève à 85 p. 100.

Pour les pompes actionnées par les machines à vapeur, on a constaté (en particulier au puits Nothberg à Eschweiler) une consommation de 6,700 kg par cheval-heure mesuré en eau élevée. Les meilleures pompes souterraines de mine existant jusqu'à ce jour demandaient de 10 à 11 kg. Il y a enfin lieu de constater que la marche de ces pompes est absolument silencieuse, indice certain d'un bon fonctionnement.

Nous avons dit, au début, que l'encombrement de la pompe Riedler était très réduit. Le résultat obtenu à cet égard est remarquable et il n'est pas sans intérêt de le faire ressortir par quelques exemples.

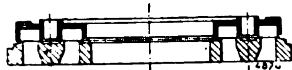


Fig. 9. — Soupape de la pompe Riedler équivalente. Echelle : 1/20.

Les figures 10 et 11 montrent une pompe double actionnée électriquement avec commande par courroie sur le volant et train d'engrenages, et, en regard, la pompe Riedler équivalente.

L'encombrement de la pompe Riedler (fig. 11) à un seul piston, est le 1/4 de celui de la pompe double. De plus, le nombre des paliers passe de 7 à 2, la pompe express utilisant les deux paliers de l'électro-moteur.

Si on comparait une pompe triple à double train d'engrenages et une pompe express équivalente, le nombre des paliers passerait de 9 à 2, et l'on pourrait remarquer combien l'accès de toutes les parties libérées d'engrenages a été facilité.

Ces exemples peuvent se répéter à l'infini avec tous les genres de commandes par machines rapides. A ce point de vue, la pompe Riedler présente un avantage incontestable en ce qui concerne les épuisements d'eau de mine ou les services d'eau des villes, les ins-

tallations électriques généralement existantes pour la lumière ou la transmission de la force rendant l'emploi des électro-moteurs tout indiqué. Le professeur Riedler a fait établir, d'après les principes posés au cours de cet article, des modèles de pompes à haute pression des plus intéressants. Les installations industrielles, employant l'eau sous pression avec des accumulateurs, sont nombreuses. Dans ces pompes à petit débit, on atteint normalement une vitesse de 200 tours, et les qualités de la pompe express, tant au point de vue de l'encombrement que de la facilité de commande par les électromoteurs y sont poussées au plus haut degré.

La réduction des dimensions des pompes permet de les placer sans difficulté à un

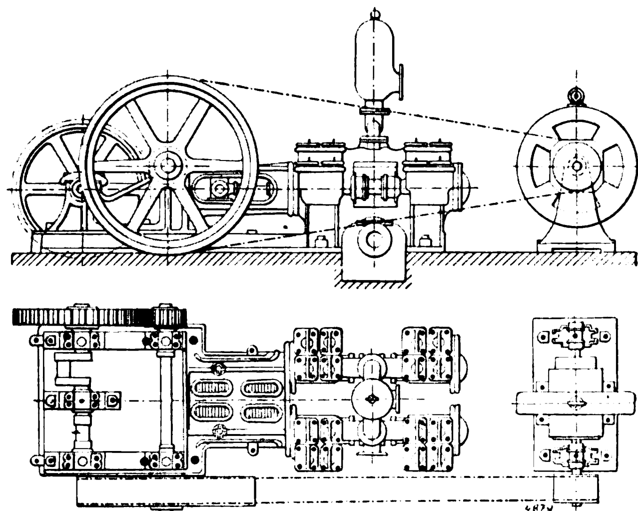


Fig. 10. — Pompe double actionnée par courroie et engrenages. Echelle : 1/35.

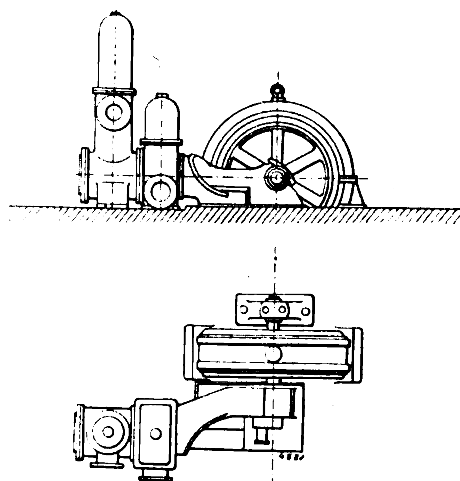


Fig. 11. — Pompe express Riedler équivalente. Echelle : 1/35.

niveau tel que la hauteur d'aspiration soit le plus faible possible, condition favorable au fonctionnement de toute pompe. Enfin, la surveillance de l'ensemble est singulièrement facilitée par le rapprochement du moteur et des pompes, que, faute de place, on était souvent obligé de placer à des niveaux différents.

La figure 1 donne une idée saisissante de la facilité d'agencement des pompes express ; elle montre deux pompes accouplées débitant, ensemble, 1000 m³ à l'heure, logées avec leur moteur dans un puits de 6,50 m de diamètre et présentant, dans ces conditions, les plus grandes facilités d'accès.

L'écueil à éviter dans les pompes à haute pression réside dans les coups de bélier. On y a remédié en partie, jusqu'à présent, en augmentant le nombre des coups de piston et en multipliant les corps de pompes pour diminuer le volume des cylindrées. La pompe Riedler a permis d'obtenir ce résultat d'une façon plus simple. Aux pompes triples, elle permet de substituer une pompe à un seul corps de volume comparable à celui d'un des cylindres de la pompe triple puisque sa vitesse est sensiblement le triple de celle des modèles courants. Elle découpe, dans la masse liquide à transporter du niveau inférieur au niveau supérieur, de véritables disques d'eau dont le volume et le poids sont assez réduits pour que les chocs en retour accidentels soient insignifiants.

En résumé, suivant les termes mêmes de son inventeur, la pompe Riedler « se rapproche de l'idéal qui est d'obtenir l'élévation de l'eau en opposant simplement un obstacle

au mouvement de retour de la colonne déjà élevée, tout en permettant à la masse d'eau aspirée d'effectuer une poussée sur cette colonne. »

J. Reyval.

LES RÉCENTES EXPÉRIENCES DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Loin de rester stationnaire et de se contenter d'exploiter les progrès réalisés, la télégraphie sans fil semble vouloir accroître tous les jours son domaine. — Hier encore elle traversait les simples bras de mer et se contentait de relier les rives des larges estuaires [*Expériences de Penarht*], de permettre les échanges de signaux à travers les détroits [*Expériences de la Manche*], d'assurer une communication constante entre les diverses unités d'une même flotte [*Expériences de M. Tissot*]; aujourd'hui, les visées de la nouvelle télégraphie semblent de plus haut vol. — Ce sont maintenant des distances de plusieurs centaines de kilomètres dont elle se joue, et, s'il faut en croire la rumeur plus ou moins véridique des quotidiens à réclame, les nouvelles ondes, enfin suffisamment bien concentrées, seraient prêtes, grâce à M. Marconi, à traverser l'Atlantique, et les excitateurs de cet inventeur seraient enfin capables d'influencer des cohéreurs distants de près de 5 000 km.

Peut-être ce résultat est-il encore bien prématuré; sans doute les signaux reçus à Terre-Neuve ont une toute autre origine que l'excitateur du cap Lizard.

S'il est très problématique que le jeune inventeur italien soit arrivé à un aussi prodigieux résultat, il est avéré et certain que M. Marconi a pu assurer, à grand renfort d'énergie, il est vrai, la communication entre la Corse et la France, et il semble ainsi avoir presque pris sa revanche de la prophétie, trop légèrement faite par lui au cours d'une conférence à Londres [1], d'après laquelle le siècle dernier ne devait pas s'éteindre avant que la télégraphie sans fil soit aussi employée que la télégraphie électrique ordinaire.

Il est curieux de constater que, dans ce domaine des applications pratiques des ondes électriques : la télégraphie sans fil, presque tous les inventeurs envisagent leurs résultats en cédant plutôt au compréhensible enthousiasme qui suit leurs succès, qu'en se rendant un compte exact des progrès obtenus. Quelques-uns mêmes, tel que M. Guarini-Foresio, vont fort loin dans cette voie. D'autres expérimentateurs plus circonspects, mais aussi plus avisés, considèrent avec modestie les résultats acquis et essaient d'en tirer tout le parti utile. C'est ainsi qu'expérimentent M. Tissot, M. Ferrié; ils laissent leurs émules s'acharner à la solution de problèmes peut-être insolubles, dont la solution, en tous les cas, semble actuellement des plus hasardeuses, étant donné le manque de connaissances exactes concernant les conditions mêmes du problème.

Ces savants préfèrent, avec raison, utiliser leur ingéniosité d'une manière plus utile, en défrayant d'abord systématiquement et complètement le terrain acquis. — N'est-ce pas là la vraie façon de procéder pour trouver, si elle est possible, la solution des problèmes qui se posent?

Que l'on sache d'abord ce qu'est un cohéreur, quelle est sa valeur pratique au point de vue télégraphique; en quoi et pourquoi un cohéreur donné est excellent pour des communications à une distance déterminée et devient défectueux et même sans valeur pour des

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XXIII, p. 98, 21 avril 1900.

distances plus grandes ou même notablement moindres; — Que l'on ait étudié systématiquement et comparativement les valeurs pratiques réelles des divers dispositifs de transmission, l'influence que produisent des capacités ou des bobines de self-induction, disposées en tel ou tel point des circuits ; — Qu'on ait enfin cherché à mettre en nombre, s'il se peut, les résultats si divers, obtenus au moyen des meilleurs dispositifs aujourd'hui connus et utilisés, et l'on aura ainsi certainement préparé, d'une manière plus sûre et plus efficace, la solution des problèmes complexes que pose la télégraphie sans fil qu'en se laissant guider par la seule inspiration.

Il nous a semblé que la comparaison des plus récentes expériences de M. Marconi et des très importants résultats que le si avisé chercheur qu'est M. Tissot vient de tirer de ses études méthodiques est des plus aptes à montrer la supériorité de la méthode suivie par M. Tissot sur les procédés de recherche employés par M. Marconi. — Cette étude comparative nous permettra de dresser le bilan de la télégraphie sans fil et, peut-être, de préciser l'état actuel des questions qui se posent dans cette branche des applications des ondes hertziennes.

Nous décrirons d'abord les dispositifs employés en Corse par M. Marconi, nous indiquerons ensuite quelques dispositifs préconisés par M. Guarini-Foresio et les résultats des quelques expériences de cet inventeur. Nous tracerons enfin le plan des recherches effectuées par M. Tissot et les principaux résultats d'importance capitale obtenus par ce savant, et nous décrirons les dispositifs très pratiques, utilisés par M. Ferrié au dépôt central de la télégraphie militaire, ainsi que les intéressants résultats obtenus par cet officier.

Expériences de M. Marconi. — Comme résultats de ses récentes expériences, M. Marconi est parvenu à communiquer entre la France et la Corse (de Biot à Calvi, distance franchie : 175 km), entre la Sardaigne et l'Italie (distance franchie : 250 km environ), enfin entre l'île de Wight et l'Angleterre (île de Wight au cap Lizard, distance franchie : 290 km). — Au cours de ces dernières expériences, des signaux, émis par le poste du cap Lizard, auraient même été reçus à Terre-Neuve, c'est-à-dire à 5 000 km de l'excitateur qui les émettait. Malgré les nombreuses notes communiquées aux journaux quotidiens par la Wireless C°, notes qui n'avaient évidemment d'autre but que d'attirer l'attention sur les expériences de M. Marconi, aucune confirmation sérieuse et digne de foi n'est venue prouver que les ondes électriques, émises par l'antenne du cap Lizard, avaient effectivement influencé les cohéreurs disposés à Terre-Neuve à l'hôpital de Signal-Hill. — Comme le fait remarquer avec raison M. Ferrié, au cours d'une récente étude sur les progrès récents de la télégraphie sans fil [1], il est curieux que M. Marconi, qui d'ailleurs a toujours fait preuve, dans le choix des dispositifs qu'il a empruntés d'un côté et d'autre aux divers chercheurs, de la plus grande sagacité et du jugement le plus sûr, ait eu la malencontreuse idée d'indiquer comme signal à envoyer d'Angleterre en Amérique la lettre *s* qui s'émet en signaux conventionnels Morse à l'aide de trois points.

En admettant, en effet, qu'on ait effectivement reçu à Terre-Neuve des suites de points, il y a bien des raisons de croire que les appareils étaient influencés par des décharges d'électricité atmosphérique. C'est en effet, presque toujours, par des séries de points que se manifestent, sur les récepteurs de la télégraphie sans fil, les décharges oscillantes provenant des coups de foudre.

Remarquons en outre qu'il est bien surprenant que les signaux émis par l'antenne du

(1) Ferrié. Sur l'état actuel de la télégraphie sans fil par ondes hertziennes. *Société Internationale des Électriciens*, bulletin du 3 janvier 1902. *L'Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 102, 18 janvier 1902.

cap Lizard (hauteur : 70 m), n'aient eu aucune influence sur les appareils de M. Tissot, disposés à Ouessant, au Stiff, alors qu'ils influençaient les cohéreurs placés à Terre-Neuve. La distance entre le cap Lizard et Ouessant est de 165 km et aucun obstacle, autre que la mer, n'est interposé entre ces deux îles. Il faudrait donc admettre que non seulement M. Marconi est arrivé à permettre la perception des ondes à 5 000 km, mais qu'en même temps il a résolu, pour ces distances, la moitié du problème pratique de la syntonisation, à savoir d'empêcher la surprise des transmissions. — Nous avouons ne pas croire à ce double succès et à un si prodigieux résultat.

Quoi qu'il en soit, il n'en est pas moins avéré que M. Marconi détient le record de la distance en télégraphie sans fil et que ses expériences de Corse, de Sardaigne et de l'île de Wight sont des plus intéressantes, justement par la grande distance franchie.

Bien qu'une grande partie des détails relatifs aux expériences entreprises en avril et mai 1901, entre Biot et Calvi, ait été relatée dans ce journal [1], nous en rappellerons certaines dispositions :

Transmetteur. — Le dispositif transmetteur diffère de ceux précédemment employés par l'usage de deux bobines d'induction B_1, B_2 (fig. 1), dont les enroulements primaires sont reliés en série, alors que les enroulements secondaires sont associés en quantité. Chaque bobine peut donner des étincelles de 25 cm. Le courant qui traverse les enroulements primaires est emprunté à une batterie d'accumulateurs de 16 éléments et peut atteindre une intensité de 9 ampères.

Un second perfectionnement, apporté aux anciens dispositifs d'émission, est relatif à la connexion de l'antenne. L'antenne, qui est constituée par 4 conducteurs parallèles formant les arêtes d'un parallélipipède à base carrée (conducteurs distants de 1,50 m l'un de l'autre et réunis en quantité à leurs parties inférieure et supérieure), n'est plus réunie à l'une des boules de l'excitateur. Elle est en communication directe avec la terre par l'intermédiaire de l'enroulement secondaire d'un transformateur S. — L'antenne du poste de Biot mesurait 52 m, celle du poste de Calvi, 55 m.

L'excitateur est constitué par un condensateur formé de bouteilles de Leyde en nombre variable. — Chaque bouteille a 10 cm de diamètre, 20 cm de hauteur et 0,2 cm d'épaisseur. Les feuilles d'étain qui tapissent l'intérieur et l'extérieur des bouteilles atteignent 12 cm de la hauteur. Les bouteilles sont associées en quantité : les armatures intérieures reliées entre elles au moyen de chaînes et de boules à la manière des batteries de jarres, les armatures extérieures placées sur une plaque métallique très soigneusement isolée. — Les deux armatures du condensateur C_1 ainsi formé sont reliées aux deux boules de l'exploseur, qui sont distantes de 0,6 cm. L'un des fils de connexion comprend le primaire du transformateur S, dont le secondaire est relié d'une part à l'antenne, d'autre part à la terre.

Les transformateurs S employés par M. Marconi différaient suivant le nombre de bouteilles constituant le condensateur C_1. Ils sont formés de cadres carrés de bois de 30 cm de côté, sur lesquels le fil primaire et le fil secondaire sont enroulés côte à côte et isolés l'un de l'autre par un ruban de caoutchouc de 2 à 3 mm d'épaisseur. — Les appareils le plus fréquemment associés se composaient d'une batterie de 13 jarres et d'un transformateur dont le primaire présentait un seul tour de fil et le secondaire 6 tours distribués trois d'un côté, trois de l'autre côté de l'enroulement primaire. Les fils primaire et secondaire sont formés d'un gros câble de 7 fils de 0,9 mm de diamètre. Le transformateur ainsi constitué est placé dans une cuve d'huile de lin.

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XXVIII, p. 93, 20 juillet 1901.

En résumé la disposition nouvelle intéressante du poste transmetteur consiste dans la réunion directe de l'antenne à la terre par l'intermédiaire du secondaire du transformateur S. L'antenne ne se trouve plus isolée par l'intervalle explosif de l'oscillateur comme dans le dispositif employé à Wimereux.

Nous ferons remarquer que cette disposition est empruntée à M. Tesla. Les connexions du transformateur S et du système oscillateur rappellent l'un des premiers dispositifs pour courants de haute fréquence de M. Tesla.

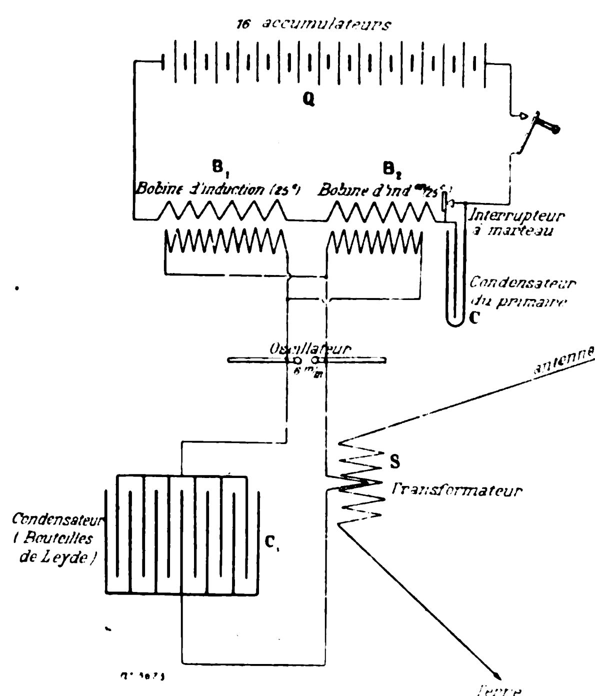


Fig. 1. — Poste transmetteur de M. Marconi.

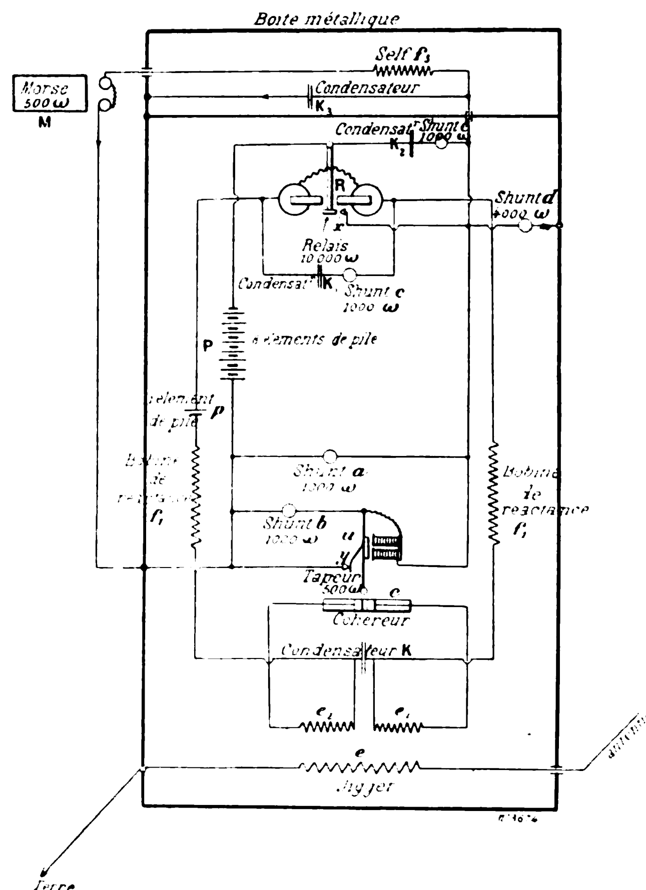


Fig. 2. — Poste récepteur de M. Marconi.

Récepteur. — Le dispositif récepteur utilisé par M. Marconi est à peu près le même que celui employé à Wimereux. Même forme et même disposition de cohéreur, de relais, de Morse inscripteur. Notons cependant que la résistance du relais du type Siemens est de 10 000 ohms et sa sensibilité des plus grandes. Un courant de $\frac{1}{100}$ de milliampère suffit à l'actionner. — Les shunts disposés sur le trajet des circuits ont été munis de condensateurs; tel le condensateur K_1 (fig. 2), placé en dérivation sur les bobines du relais, qui évite une perte de courant durant la cohésion du cohéreur; tel aussi le condensateur K_2 placé sur l'étincelle du contact du relais, qui évite l'usure de la pile du frappeur; tel enfin le con-

[1] Tesla. *Electrical Engineer de New York*, 1891, 1897. Institut américain des ingénieurs électriciens de Columbia, 1891. Les applications pratiques des ondes électriques, p. 199, par A. Turpain. Paris, C. Naud, 1902.

densateur K_3 placé entre la bobine de self-induction f_3 et la terre. Ce dernier condensateur sert d'issue, lors de la transmission, aux oscillations du poste, oscillations qui pourraient, franchissant la self-induction f_3, entrer par le fil du Morse à l'intérieur de la boîte métallique qui enferme tout le dispositif récepteur.

Le jigger employé est semblable à ceux décrits par M. Marconi dans ses brevets anglais n°s 12326 (1er juin 1898), 6982 (1er avril 1899) et 25186 (19 décembre 1899) [1]. Ce jigger est à deux enroulements : le primaire *e* (fig. 2) relié d'une part à l'antenne, d'autre part à la terre; le secondaire e_1, e_2, constitué de deux parties enroulées dans le même sens que le primaire et séparées par un condensateur K. Les extrémités extérieures des enroulements e_1 et e_2 sont reliées aux électrodes du cohéreur et les extrémités en relation avec les armatures du condensateur K sont reliées par l'intermédiaire de bobines de self-induction convenables f_1 f_1 aux bobines du relais. Le circuit formé par le cohéreur *c*, l'enroulement e_1, le condensateur K, l'enroulement e_2, est accordé sur le transmetteur correspondant.

Les expériences entreprises entre Biot et Calvi par M. Marconi n'avaient pas en effet pour unique but de permettre la transmission entre des postes situés à des distances plus que doubles de celles jusqu'alors franchies, mais aussi et surtout de fournir des épreuves pratiques des dispositifs de syntonisation préconisés par M. Marconi.

Remarquons que, de même que le dispositif de syntonisation placé au transmetteur avait été emprunté aux expériences sur les courants de haute fréquence de M. Tesla, de même le dispositif de syntonisation de l'appareil récepteur, le jigger employé à Biot et à Calvi rappelle certains dispositifs de production de courants de haute fréquence réalisés par M. d'Arsonval [2], dispositifs qui eux-mêmes dérivent de ceux de M. Tesla [3].

Résultats. — Si les expériences de Corse ont été un succès pour M. Marconi au point de vue de la distance franchie, elles ont par contre montré que les dispositifs de syntonisation essayés n'étaient, pas plus que leurs aînés, capables ni de soustraire les postes qui en sont munis à l'influence perturbatrice de postes voisins, ni d'assurer le secret des correspondances échangées qui ont pu effectivement être surprises par des postes ordinaires non accordés avec ceux de Biot ou de Calvi. — En définitive, le problème pratique de la syntonisation tel que nous l'énoncions [4] il y a quelque temps, n'a fait au cours des expériences de Corse aucun progrès.

Tout au plus peut-on dire que les expériences de double communication entreprises entre Biot et Calvi ont montré que les dispositifs de M. Marconi avaient un effet sélectif réel, de telle sorte qu'il a été possible d'accorder un récepteur de manière qu'il ne soit pas impressionné par des ondes de longueurs très différentes de celles pour lesquelles l'accord avait été effectué.

Le transmetteur envoyant des ondes de longueur λ (ondes de 300 m), le récepteur ρ accordé pour ces ondes recevait très bien alors que le récepteur ρ' accordé pour des ondes de longueur λ' (ondes de 70 m) n'enregistrait aucun signal. — Inversement, si la transmission était faite à l'aide d'ondes de longueur λ' (70 m), c'est le récepteur ρ' qui se trouvait impressionné alors que le récepteur ρ n'enregistrait aucun signal.

Mais, lorsque les deux récepteurs ρ et ρ' étaient reliés *simultanément* à l'antenne au lieu

---

(1) Les applications pratiques des ondes électriques, p. 331, 336 et 337.

(2) D'Arsonval. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXIII, p. 18; 1896. — *L'Éclairage Électrique*, t. VIII, p. 183.

(3) Tesla, *loc. cit.* Voir également : Les applications pratiques des ondes électriques, p. 198.

(4) Les applications pratiques, etc., p. 285.

de l'être *successivement*, il devenait déjà bien plus difficile d'obtenir une réception unique. — Il fut d'ailleurs impossible de réaliser la double communication simultanée ; alors que l'un des deux récepteurs enregistrait un seul des messages, le second récepteur n'en enregistrait aucun ou les enregistrait tous les deux. Et cela malgré la très grande différence de longueur entre les ondes supposées produites aux transmetteurs ($\lambda = 300$ m et $\lambda' = 70$ m).

En ce qui concerne la possibilité de surprendre ou de troubler les transmissions, elle a été amplement démontrée par le fait que la station de Biot a enregistré à plusieurs reprises des télégrammes émis soit par des navires français, soit par des navires italiens croisant au large dans les parages du poste. — On a pu de même recevoir les messages échangés entre Biot et Calvi en utilisant le paratonnerre du phare de Villefranche comme antenne, et cela alors que le dispositif récepteur était constitué par un simple cohéreur à bas voltage, relié soit à une antenne ne mesurant que 24 m, qu'on reliait ou non à la terre, soit au paratonnerre du phare. Le fil qui reliait l'une des électrodes du cohéreur au paratonnerre devait avoir une longueur de 15 m environ, l'autre électrode du cohéreur demeurant isolée.

La réception des signaux émis par le poste de Calvi n'a jamais pu être enregistrée au phare de Villefranche (cap Ferrat : distance de Biot au cap Ferrat : 30 km). Seuls, quelques signaux épars ont été parfois reçus. Il est à remarquer relativement à ce fait que l'antenne du poste de Villefranche se trouvait complètement masquée par des rochers. Par contre, tous les messages échangés entre Biot et le yacht « Princesse Alice », sur lequel était disposé un poste Marconi, ont été enregistrés à Villefranche, cela alors même que le yacht était à 80 km du poste de terre. La réception avait lieu sans prise de terre jusqu'à une distance de 40 km, au-dessus de cette distance une prise de terre devenait nécessaire.

Les dispositifs de Villefranche ne comprenaient aucun transformateur, aucun jigger et et se rédusaient à un simple cohéreur très sensible et un relais, en un mot, ces dispositifs réalisaient un des plus simples récepteurs de la télégraphie sans fil.

Ainsi donc il est démontré par ces divers faits que les appareils de syntonisation de M. Marconi ne constituent pas, à proprement parler, des appareils sélectifs. Ils ne peuvent empêcher ni la surprise, ni le trouble des communications qu'ils assurent. — Le véritable succès des expériences de Corse réside donc dans la grande distance franchie : 175 km. Mais il faut remarquer à ce sujet que l'énergie électrique employée par les transmetteurs est énorme, que d'autre part les antennes avaient chacune plus de 50 m de hauteur et constituaient de ce chef des organes très coûteux et très délicats. — Le courant employé pour alimenter les deux bobines d'induction de 25 cm d'étincelles chacune et dont les primaires étaient associés en série, était emprunté à une source de 32 volts et offrait une intensité de 9 ampères. L'énergie électrique mise en jeu était donc de plus d'un quart de kilowatt (288 watts). Cette énergie représente plus de 70 fois celle utilisée en télégraphie avec conducteurs à l'entretien d'appareils sur une ligne de 175 km. Combien plus encombrants et plus délicats sont en revanche les dispositifs de M. Marconi, et cela pour ne pas offrir une sécurité de communication plus grande, bien au contraire, malgré ce que l'absence de ligne semblerait faire croire à première vue. — Il est à remarquer en ce qui concerne les communications entre la Corse et le littoral, qu'un dispositif de télégraphie sans fil est bien plus susceptible de permettre la surprise ou le trouble des communications qu'un câble sous-marin ordinaire. Alors que la coupure du câble nécessite des opérations très longues et très délicates, l'interception des messages envoyés par ondes électriques ou le trouble de ces messages ne demande que la mise en œuvre des dispositifs les plus simples de la nouvelle télégraphie.

Les dispositifs de syntonisation de M. Slaby. — Les dispositifs de syntonisation de M. Marconi sont impuissants à assurer la sécurité des communications de la télégraphie sans fil. D'autres dispositifs de syntonisation seront-ils plus heureux? Des dispositifs, basés sur des faits soi-disant nouveaux, ont été préconisés par M. Slaby et auraient résolu avec succès la question.

Ces dispositifs ont été analysés et présentés en détails dans ce journal par M. J. Reyval au cours de deux articles récents. Le premier de ces articles décrit les dispositifs de M. Slaby [1], le second, ceux de M. Braun [2]. Les dispositifs de M. Braun, du moins ceux ayant trait à la syntonisation, n'ont pas été l'objet d'essais. Les seules expériences faites sont des expériences comparatives de distances franchies, qui paraissent être en faveur des dispositifs de M. Braun; toutefois les dernières expériences de M. Marconi semblent dépasser de beaucoup les résultats de M. Braun. — Le professeur de Strasbourg annonce, il est vrai, la solution du problème de la télégraphie sans fil multiplex, et cela *d'une manière nouvelle et très parfaite*. Comme ses dispositifs, encore inconnus d'ailleurs, n'ont été soumis à aucun essai, que d'autre part, au cours des expériences réalisées on n'a pas cherché à déterminer s'il était ou non possible de troubler ou de surprendre les communications, les expériences de M. Braun n'avancent en rien la question de la syntonisation, — actuellement encore du moins.

Si l'on en croit l'auteur des articles en question, M. Slaby aurait résolu, du moins dans ses grandes lignes, la question de la syntonisation. D'après M. J. Reyval, on est sur la voie « qui mènera à un agencement d'appareils devant donner le maximum d'effets au double point de vue de la portée et de la sécurité des transmissions ». Nous ne croyons pas que l'on soit encore dans cette voie. M. Reyval, qui a certainement étudié très complètement les dispositifs des deux professeurs allemands, ne nous semble pas aussi bien documenté en ce qui concerne les recherches d'origine française. La littérature des ondes électriques et même celle des applications télégraphiques des ondes hertziennes ne semble pas lui être aussi familière.

Que l'on me permette, en effet, de faire remarquer que les dispositifs de réception employés par M. Slaby ne sont pas aussi originaux que la lecture de l'étude de M. Reyval semble le faire croire. Bien avant M. Slaby, nous avons fait des recherches de laboratoire que nous croyons avoir menées d'une manière aussi méthodique que celles du professeur allemand. Ces recherches nous ont amené à énoncer les propriétés de ce que nous avons nommé le *champ hertzien interférent* et nous sommes arrivés dans une étude comparative du champ hertzien ordinaire et du champ hertzien interférent à énoncer tous les résultats que l'article de M. Reyval attribue à M. Slaby. Nous croyons même avoir indiqué, au cours de notre étude, un plus grand nombre de principes expérimentaux.

Bien plus, non seulement nous avons fait de ces phénomènes une étude aussi complète que nous le pouvions, mais encore c'est sur les résultats de cette étude que nous avons basé toute une application télégraphique des ondes électriques; l'application à la télégraphie avec conducteur, et nous avons non seulement indiqué, mais expérimenté les diverses solutions que l'emploi des ondes électriques permet de donner à nombre de problèmes de télégraphie, en particulier à l'intéressant problème de la multicommunication que l'usage des ondes hertziennes permet de résoudre dans sa plus grande généralité.

---

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 125; 25 janvier 1902. — Voir aussi les deux analyses publiées plus récemment, t. XXXI, p. 437 et 459, 21 et 28 juin 1902.

(2) *L'Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 167; 1er février 1902.

Ces diverses études ont été publiées en fragments en 1898 (1) et réunies et développées dans un volume publié en 1899 (2). Bien que nous ayons des raisons de croire que ce volume ait été entre les mains de M. Slaby, nous sommes persuadés que le professeur de Berlin a retrouvé nos résultats et qu'il a essayé de les appliquer à la solution du problème de la syntonisation en télégraphie sans fil, sans connaître nos propres recherches. Cette condition seule explique le silence gardé par M. Slaby dans ses publications sur la relation très intime qui existe entre ses recherches et les nôtres. Dans un ouvrage récent (3), où nous rendons compte des premières expériences de M. Slaby, nous montrons comment elles découlent très naturellement des propriétés du champ interférent, indiqué par nous tout d'abord en 1898.

M. H. Poincaré a fait remarquer (4) que ces propriétés du champ interférent pouvaient s'expliquer par de simples considérations de symétrie. Nous pensons, en effet, que la remarque du savant professeur s'adresse aux seules propriétés du champ interférent : la symétrie ne saurait, en effet, à elle seule, rendre compte des phénomènes présentés par le résonateur à coupure, en particulier de ceux que nous avons trouvés en disposant le résonateur à coupure dans le vide (5).

Bien que ces propriétés du champ interférent soient des plus simples, en effet, et qu'il ait été très facile de les prévoir *à priori* par des raisonnements basés sur la symétrie, elles n'en permettent pas moins de résoudre, d'une manière très aisée, la plupart des problèmes de la télégraphie ordinaire. Il ne leur manquait, pour attirer l'attention en France, que d'avoir repassé le Rhin.

Nous ne croyons pas toutefois que leur emploi en *télégraphie sans fil* soit d'une très grande utililité. Bien que nous ayons toujours émis l'opinion que la seule fausse route que pouvait prendre la télégraphie sans fil était de se considérer comme une application concurrente de la télégraphie avec conducteur, nous avons eu la curiosité de voir si les propriétés des champs interférents pouvaient être utilement employées dans la télégraphie sans fil. Nous avons prié M. Tissot, il y a environ deux ans, d'essayer l'application des propriétés des champs interférents aux dispositifs de télégraphie sans fil. Les résultats obtenus par M. Tissot n'étaient pas de nature à nous faire envisager la solution vraiment *pratique* du problème de la syntonisation. Bien que les dispositifs de M. Slaby paraissent avoir triomphé des difficultés à vaincre et que les expériences entreprises entre Berlin et Schöneweide aient été suivies de succès, nous ne croyons pas que la question envisagée au point de vue pratique soit plus avancée. Pas plus que les dispositifs de M. Marconi, les dispositifs de M. Slaby ne peuvent empêcher de troubler ou de surprendre les communications établies. Nous n'en voulons pour preuve que les deux faits suivants :

---

(1) A. Turpain. — Sur le champ hertzien. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 28 mars 1898. *Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 31 mars 1898.

Le nouveau domaine de l'électricité. Les expériences de Hertz et leurs applications pratiques, *Société des Sciences naturelles de La Rochelle*, 18 juin 1898.

Sur la multicommunication en télégraphie au moyen des oscillations électriques. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 26 décembre 1898. *Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 23 juin 1898.

(2) A. Turpain. — Recherches expérimentales sur les oscillations électriques, p. 56 et 144. (Paris, A. Hermann, 1899).

(3) A. Turpain. — Les applications pratiques des ondes électriques, p. 289. (Paris, C. Naud, 1902).

(4) H. Poincaré. — La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes, p. 48. *Collection Scientia*. (Paris, G. Carré et C. Naud).

(5) A. Turpain. — Etude expérimentale sur le résonateur de Hertz. — *Livre jubilaire dédié à H.-A. Lorentz*, p. 152. (La Haye, Martinus Nijhoff, 1900).

Au passage de navires allemands munis d'appareils syntones Slaby-Arco au voisinage des côtes françaises, il a été possible de recevoir les communications échangées entre ces navires, et cela à l'aide de dispositifs de réception ne comprenant aucun organe spécial de syntonisation. Il est à remarquer que la réception de télégrammes échangés en langue étrangère, inconnue aux matelots télégraphistes qui recevaient, rendait la compréhension des signaux plus difficile. Malgré cette particularité, les signaux reçus furent des plus nets et permirent la traduction facile des télégrammes.

Tout récemment, la presse quotidienne a fait connaître la rivalité existant entre le système de M. Marconi et celui de M. Slaby et le refus du poste télégraphique de Nantucket, muni d'appareils Marconi, de correspondre avec le transatlantique allemand *Deutschland*, porteur d'appareils Slaby-Arco. Ces deux postes, composés d'appareils syntones de systèmes différents, ont donc pu entrer en communication malgré la très grande différence des dispositifs de syntonisation dont chacun est muni.

D'ailleurs, M. Slaby lui-même, si l'on en croit les plus récentes informations, pense que l'incertitude qui préside aux conditions dans lesquelles fonctionnent les divers systèmes de télégraphie sans fil, les empêchera de figurer parmi les méthodes régulières de communication.

Nous venons de voir que ni les dispositifs de M. Marconi, ni ceux de M. Slaby, ne paraissent susceptibles de résoudre le problème de la syntonisation tel qu'il doit ête pratiquement énoncé, savoir la réalisation des moyens capables d'empêcher la surprise et le trouble des communications assurées. Il ne reste donc de véritablement intéressant, au point de vue pratique, dans ces diverses expériences, que les résultats relatifs à la distance et les succès obtenus à ce point de vue par M. Marconi.

Mais les dernières expériences faites en Corse, en Sardaigne, à l'île de Wight, semblent être, au point de vue de la distance des maxima qu'on ne pourra que difficilement dépasser. Ces expériences, pour être répétées, demandent des installations coûteuses, complexes, délicates et nécessitant une grande dépense d'énergie. Ne pourrait-on, à moins de frais et sans être obligé de dresser d'aussi gigantesques antennes (70 m de hauteur au cap Lizard), de coupler d'aussi puissantes bobines d'induction, communiquer à de semblables distances? Bien que l'application des procédés de la télégraphie sans fil sur de longues distances ne paraisse pas d'une utilité vraiment pratique, les dispositifs ayant pour but d'accroître ces distances peuvent présenter un intérêt tout au moins de curiosité.

Les dispositifs répétiteurs de M. Guarini-Foresio. — La communication entre deux postes de télégraphie sans fil disposés à terre est toujours laborieuse et difficile dès que la distance qui sépare les postes est notable.

M. Guarini-Foresio a proposé d'augmenter les distances franchies sur terre en disposant, entre les postes extrêmes, des relais spéciaux.

Nous avons récemment décrit, dans ce journal (1), d'après un brevet de M. Guarini-Foresio, le dispositif préconisé par cet inventeur. L'idée d'augmenter la distance franchie par l'interposition de relais peut être bonne, mais les moyens indiqués tout d'abord par M. Guarini-Foresio étaient certainement par trop primitifs pour pouvoir donner, dans la pratique, des résultats. L'appareil décrit par l'auteur dans son brevet anglais n° 25 591 du 27 décembre 1899 répond au schéma de la figure 3. Comme nous le faisions remarquer en analysant ce brevet, l'absence totale de self-induction sur les divers circuits du dispositif, la manière par trop sommaire et primitive dont on obtient l'interruption entre l'antenne 29

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXIX; p. 92, 19 octobre 1901.

et le cohéreur 1, par la simple séparation de la palette 31 et du contact 30, permettait de prédire un insuccès complet à l'emploi de ce dispositif si sommairement constitué. Depuis, M. Guarini-Foresio (¹) a perfectionné son dispositif et l'a muni de diverses bobines de self-induction et des divers shunt en usage en télégraphie sans fil. Le relais ainsi perfectionné est représenté dans la figure 4.

L'antenne 1 est connectée à l'une des boules de l'excitateur 32 alimenté par la bobine d'induction 31. Cette boule d'excitateur est reliée par le conducteur 2 à la borne de repos 3 d'un relais dont la borne de travail communique avec le pôle d'une pile 30 qui doit alimenter le circuit primaire de la bobine d'induction lorsque le relais 4 est actionné. L'ensemble des dispositifs enfermés dans la boîte 11, 11 a été trop souvent décrit dans ce journal pour que nous en répétions la description. Ils constituent d'ailleurs une copie exacte du dispo-

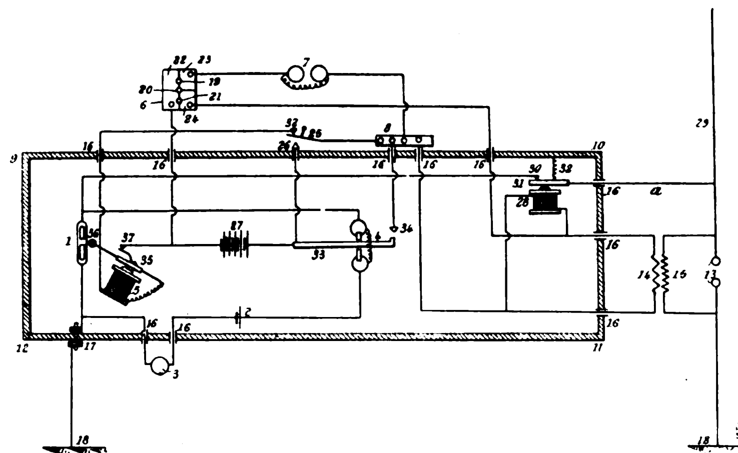


Fig. 3. — Répétiteur de M. Guarini Foresio. Premier dispositif.

sitif de réception utilisé par M. Marconi, dans ses expériences de Wimereux, y compris le jigger 8.

Les ondes reçues par l'antenne suivant le circuit 1, 2, 3, 5, 7, 10, 9, impressionnent le cohéreur. Le relais 18 est actionné à la manière ordinaire et la palette 19 venant frapper le butoir 20, le relais 4 est actionné à son tour, la bobine d'induction 31 se trouve dès lors entretenue. Des ondes sont donc émises par l'antenne 1 comme suite aux ondes précédemment reçues par cette antenne. La répétition du signal reçu est ainsi assurée, aussi l'inventeur appelle-t-il son appareil un répétiteur.

N'y a-t-il pas encore à craindre, vu les connexions indiquées dans la figure, que le courant vibré qui parcourt le primaire de la bobine d'induction 31 n'aille influencer le cohéreur par le circuit α, 5, 7, 10, 9 ? M. Ferrié a très nettement mis en évidence (²) la sensibilité des cohéreurs non seulement aux ondes électriques, mais encore aux courants vibrés.

Quoi qu'il en soit, M. Guarini-Foresio a soumis son répétiteur à des essais. Ces essais ont été faits entre Bruxelles, Malines et Anvers. Les figures 5 et 6 donnent les indications relatives aux distances et aux situations respectives des trois postes établis, le premier à la colonne du Congrès à Bruxelles, le deuxième à la tour Saint-Rombaut à Malines, le troisième à la tour Notre-Dame à Anvers. La distance entre Bruxelles et Malines est de

(¹) Brevet belge, n° 155311 du 12 mars 1901.

(²) Brevet anglais n° 14281 du 29 janvier 1900. *L'Éclairage Électrique*, t. XXIX, p. 88, 19 octobre 1901.

21,890 km; la distance entre Malines et Anvers, de 22,350 km; enfin, celle entre Bruxelles et Anvers est de 42 km.

On s'est assuré qu'un transmetteur placé à Anvers ne pouvait actionner directement un récepteur placé à Bruxelles et inversement. D'autre part, un transmetteur placé à Bruxelles pouvait actionner directement un récepteur placé à Malines et réciproquement. La transmission directe pouvait également être établie entre Anvers et Malines. Un répétiteur étant disposé à Malines, on put alors communiquer, avec les appareils disposés à Bruxelles et à Anvers, entre ces deux villes.

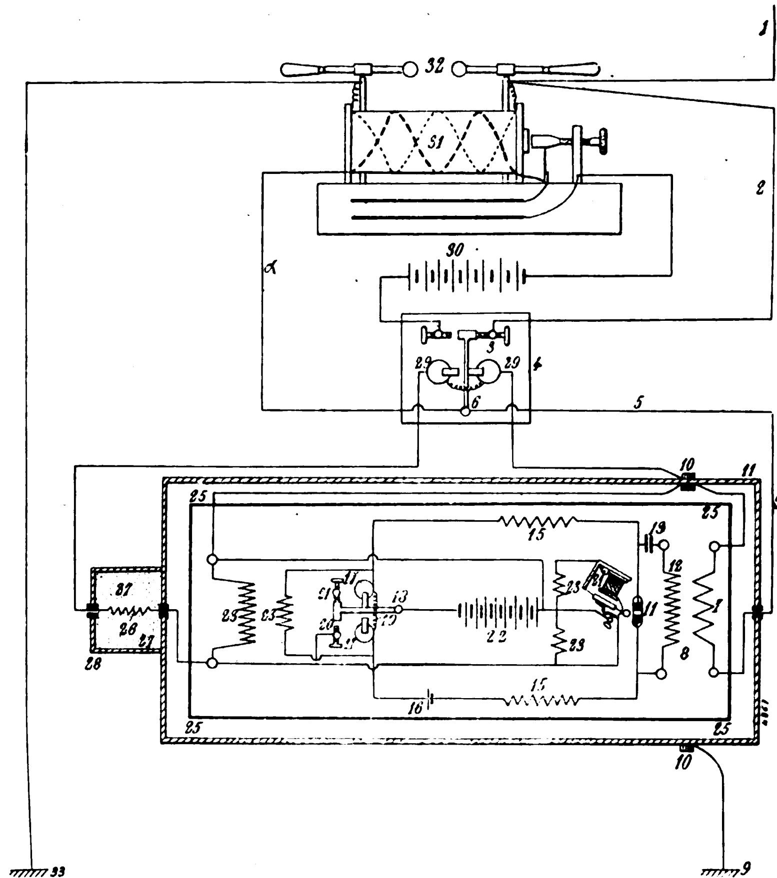


Fig. 4. — Répétiteur de M. Guarini Foresio. Second dispositif.

Les antennes utilisées avaient les hauteurs suivantes : la partie utile de l'antenne de Bruxelles, d'ailleurs verticale, avait 27,50 m ; cette antenne était constituée d'un câble de 17,50 m, formé de 7 brins de fil de 0,9 mm de diamètre ; l'extrémité supérieure de l'antenne était formée d'une sorte de cylindre constitué par 50 fils parallèles de 0,4 mm de diamètre et de 10 m de haut ; la section du cylindre était de 50 cm². L'antenne d'Anvers avait la même disposition, à cela près que la partie cylindrique de l'antenne, au lieu d'être à la partie supérieure de la longueur utile, se trouvait à la partie inférieure. Les parties utiles des antennes étaient d'ailleurs visibles des deux postes extrêmes, comme le montre le diagramme de la figure 6. La bobine d'induction employée pouvait donner 25 cm d'étincelle, le courant emprunté à une source de 16 volts avait une intensité qui a été portée jusqu'à 10 ampères, ce qui constitue une dépense d'énergie de 160 watts.

Nous ne nous arrêterons pas aux transmissions effectuées entre Malines et Bruxelles, entre Malines et Anvers, attendu qu'elles ne constituent aucune expérience nouvelle, étant donné surtout que les distances franchies ne sont que de 21 à 22 km. Notons qu'au cours de ces expériences, M. Guarini-Foresio aurait remarqué, contrairement aux multiples observations faites par M. Tissot, que le meilleur résultat obtenu l'aurait été en supprimant la prise de terre au récepteur.

Les seuls résultats intéressants et nouveaux des expériences ont trait à la communication réalisée entre Bruxelles et Anvers avec l'emploi du répétiteur disposé à Malines.

Voici dans quels termes M. Poncelet, qui a assisté M. Guarini-Foresio dans ses expériences, s'exprime à ce sujet [1] : « Disons tout de suite que l'expérience a été couronnée du plus brillant succès. Le dernier jour de l'expérience, notre rôle s'est borné à contrôler, montre en main, l'heure du passage des signaux par le poste de Malines ; et quand, l'expérience finie, nous avons mis en regard de la bande de papier du Morse de Malines, celle du Morse de la station de réception, nous avons pu constater leur parfaite identité. *Tous les signaux transmis de la station de Bruxelles ne sont pas parvenus à Anvers*, mais ce dernier poste a reçu absolument tous les signaux passés par Malines ; *ce qui montre la rigoureuse fidélité du répétiteur.* »

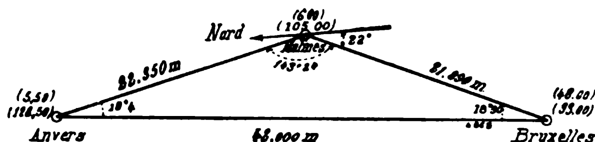


Fig. 5. — Distances et situations respectives des trois postes de M. Guarini Foresio.

Nous nous permettrons de faire remarquer que le succès obtenu, tout en étant notable, n'est pas, à proprement parler, le plus brillant possible. Pour que le répétiteur fût d'une fidélité tout à fait rigoureuse, il eût fallu que *tous* les signaux transmis de la station de Bruxelles parviennent à Anvers après avoir laissé leurs traces au répétiteur de Malines. Or, il en est, d'après M. Poncelet, auxquels le répétiteur s'est montré sourd.

M. Poncelet ajoute, quelques lignes plus loin, qu'il arrivait « que le répétiteur de Malines, une fois déclenché par une onde transmise de Bruxelles ou d'Anvers, continuait à fonctionner sans s'arrêter ». Il attribue ce mauvais fonctionnement à l'électricité atmosphérique. Ne faudrait-il pas plutôt attribuer ce déclenchement continu à l'influence des ondes mêmes produites par le répétiteur sur le cohéreur du répétiteur, influence qui était inévitable et facile à prévoir dans le premier dispositif décrit par M. Guarini-Foresio (fig. 3), influence que nous croyons encore susceptible de se produire même avec le dispositif perfectionné de la figure 4 par le circuit α, 5, 7, 10, 9.

Cette imperfection du répétiteur constatée n'empêche d'ailleurs pas M. Poncelet d'affirmer, vingt lignes plus loin, que « le répétiteur a fonctionné automatiquement et d'*une façon irréprochable*, aussi bien avec les courants alternatifs qu'avec les courants hertziens ».

Quoi qu'il en soit, les expériences faites entre Bruxelles, Malines et Anvers, sont évidemment fort intéressantes, mais il reste encore bien des progrès à faire et bien des perfectionnements à apporter aux dispositifs essayés sur de si petites distances (42 km franchis avec trois postes ; 22 km ayant été franchis avec peine, puisque certains signaux n'ont pu être reçus).

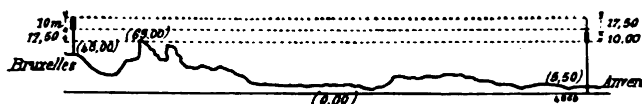


Fig. 6. — Coupe du terrain entre le poste de Bruxelles et le poste d'Anvers.

Malgré les quelques imperfections que les essais mêmes ont montré aux expérimentateurs, la réussite dans ses lignes principales de l'expérience tentée semble avoir déterminé chez les auteurs un enthousiasme par trop exagéré. Les conclusions qu'ils croient pouvoir tirer de leurs modestes essais démontrent bien mieux leur grande puissance d'imagination que leur sens critique. Elles perdraient d'ailleurs à n'être pas citées.

« La distance de 22 km, concluent-ils, a pu être doublée par l'emploi d'un poste intermédiaire, sans qu'il en soit résulté une augmentation du personnel nécessaire pour le

[1] Société Belge d'électriciens, *Bulletin mensuel*, t. XVIII, 1901.

service, le répétiteur Guarini fonctionnant automatiquement, ni une perte de temps pour la transmission, le message traversant le poste de relais sans s'y arrêter, *avec la vitesse de la lumière.* » Et le temps perdu pour les déclenchements des palettes des relais, au nombre de deux par répétiteur ?

Mais les auteurs ne s'embarrassent pas de si peu, leurs visées d'ailleurs sont bien hautes :

« On peut se demander dès lors, ajoutent-ils, quel parti notre organisation sociale peut « tirer aujourd'hui du système de télégraphie sans fil utilisant les répétiteurs Guarini. »

« Pour peu que les appareils employés soient munis d'un dispositif leur permettant de « ne pas être influencés par les appareils ennemis et de garder le secret des dépêches [1], « qu'ils soient complétés par les répétiteurs Guarini, de manière à pouvoir atteindre *toutes « les distances, la télégraphie sans fil remplacera tous les autres systèmes télégraphiques « connus*, là où ils sont en défaut. »

« Si l'on suppose l'adoption d'un réseau complet de répétiteurs dans toute l'étendue du « territoire et si chaque répétiteur est muni d'un récepteur Morse, le gouvernement pourra « lancer, *en quelques minutes*, l'ordre de mobilisation, et les places frontières pourront, « *en quelques minutes*, faire connaître à tout le pays que celui-ci est envahi. »

« Enfin, les expéditions lointaines sont laissées à leurs propres ressources. Si les appa- « reils de télégraphie sans fil avaient été connus lors des expéditions au pôle Nord et au « pôle Sud, Andrée et Gerlache seraient restés en relation avec la mère patrie, le sort « d'Andrée ne serait pas une cruelle énigme. »

Quand les conclusions d'une aussi modeste expérience que celle entreprise par M. Guarini tiennent ainsi du roman, tout commentaire sérieux de ces conclusions devient inutile.

(*A suivre*).

A. TURPAIN.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

ACCUMULATEURS

***Théorie de l'accumulateur au plomb.* Hypothèse de E.-J. Wade**. *Journal of Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXIX, 1900.

E.-J. Wade a émis l'hypothèse [2] que le plomb et le peroxyde qui constituent les matières actives des électrodes se trouvent dans un état différent de ces corps tels qu'ils sont produits chimiquement et qu'ils représentent un état polymérique de ces derniers.

Il explique ainsi que, pendant une décharge normale, le plomb et le peroxyde gardent leur structure, absorbent l'acide sulfurique graduellement et ne perdent pas leur conductibilité, ce qui permet la désulfatation à la charge suivante.

On sait que la décharge est limitée bien avant que tout le peroxyde ou le plomb soient transformés en sulfate.

Wade admet que l'absorption ne se fait plus, pendant la décharge, lorsque les compositions de matières actives sont devenues $Pb^2O^2SO^4$ à la positive et Pb^2SO^4 à la négative, ce qui suppose que 44 p. 100 du peroxyde et 40,5 p. 100 du plomb spongieux ne peuvent entrer en combinaison et être utilisés à la décharge.

C'est à ce moment que la résistance intérieure croît rapidement et que la différence de potentiel baisse.

[1] Dispositifs qui sont encore à trouver, les auteurs n'ont pas l'air de s'en douter.

[2] Bien que cette hypothèse ait été publiée il y a déjà deux ans, il nous a paru utile de l'exposer brièvement ici en raison de l'intérêt qu'elle présente pour les chercheurs, toujours nombreux, de l'accumulateur idéal.

Ce que l'on appelle la sulfatation des plaques ne serait, dans cette hypothèse, qu'un changement de ces molécules complexes se décomposant en sulfate normal de plomb et en plomb et peroxyde normaux, l'état simple de ces corps étant plus stable. Dans ces conditions, la continuité serait détruite ainsi que la conductibilité de la matière active ; il y aurait de plus, par ce fait, augmentation de volume à la positive.

Pendant l'inversion du courant après une décharge, on sait que le plomb passe à l'état de peroxyde, et réciproquement le peroxyde à l'état de plomb. Dans ce cas, il se produirait des formules intermédiaires et les molécules garderaient leur structure initiale intacte.

Afin de donner plus de corps à son hypothèse, Wade rappelle que le plomb est très apte à former des sels basiques, et, fait rare pour les métaux, à s'unir à deux radicaux différents. C'est ainsi que l'on connaît

La lanarkite :	$Pb^2 \left\{\begin{matrix} SO^4 \\ CO^3 \end{matrix}\right.$	sulfato-carbonate de plomb
La leadhillite :	$Pb^4 \left\{\begin{matrix} SO^4 \\ (CO^3)^3 \end{matrix}\right.$	sulfato-tricarbonate de plomb.
La phosgénite :	$Pb^2 \left\{\begin{matrix} Cl^2 \\ CO^3 \end{matrix}\right.$	chlorocarbonate de plomb.
Le sulfochlorure :	$Pb^2 \left\{\begin{matrix} Cl^2 \\ S \end{matrix}\right.$	

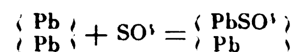
D'autre part, le carbonate de plomb peut renfermer des proportions très variables de CO^3Pb et d'hydrate Pb (OH^2) ; les miniums renferment de même des proportions très variables d'oxygène et peuvent prendre les formules différentes Pb^3O^4, Pb^6O^7, Pb^4O^5, Pb^2O^3.

Mendelejeff a expliqué ces particularités du plomb en les attribuant à une polymérisation de celui-ci. Il suppose que les molécules de plomb sont formées d'une réunion de x atomes Pb. Il réalise ainsi différentes formules en admettant pour le protoxyde de plomb la formule $Pb^{12}O^{12}$.

En supposant la même polymérisation pour le plomb et le peroyyde dans l'accumulateur, Wade explique ainsi l'absorption graduelle de l'acide sulfurique pendant la décharge, les différents composés se produisant successivement étant alors les suivants :

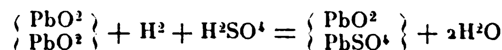
	Plaque négative	Plaque positive
Début de la décharge	Pb^{12}	$Pb^{12}\,(O^2)^{12}$
	$Pb^{12}SO^4$	$Pb^{12}\,(O^2)^{11}SO^4$
	$Pb^{12}\,(SO^4)^2$	$Pb^{12}\,(O^2)^{10}\,(SO^4)^2$
	$Pb^{12}\,(SO^4)^3$	$Pb^{12}\,(O^2)^9\,(SO^4)^3$
	$Pb^{12}\,(SO^4)^4$	$Pb^{12}\,(O^2)^8\,(SO^4)^4$
	$Pb^{12}\,(SO^4)^5$	$Pb^{12}\,(O^2)^7\,(SO^4)^5$
Fin de la décharge	$Pb^{12}\,(SO^4)^6$	$Pb^{12}\,(O^2)^6\,(SO^4)^6$

Dans cette hypothèse, les équations chimiques rendant compte de la décharge peuvent être ainsi exprimées :
à la négative



$$\left\{\begin{matrix} Pb \\ Pb \end{matrix}\right\} + SO^4 = \left\{\begin{matrix} PbSO^4 \\ Pb \end{matrix}\right\}$$

et à la positive



$$\left\{\begin{matrix} PbO^2 \\ PbO^2 \end{matrix}\right\} + H^2 + H^2SO^4 = \left\{\begin{matrix} PbO^2 \\ PbSO^4 \end{matrix}\right\} + 2H^2O$$

Quand on inverse à la fin de la décharge, le plomb de la négative continue à se sulfater pendant que le sulfate se peroxyde, de telle sorte que les différents états intermédiaires peuvent être les composés ci-dessous

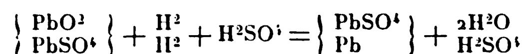
Plaque négative	Plaque positive
$Pb^{12}(SO^4)^6$	$Pb^{12}(O^2)^6(SO^4)^6$
$Pb^{12}(O^2)(SO^4)^6$	$Pb^{12}(O^2)^5(SO^4)^6$
$Pb^{12}(O^2)^2(SO^4)^6$	$Pb^{12}(O^2)^4(SO^4)^6$
$Pb^{12}(O^2)^3(SO^4)^6$	$Pb^{12}(O^2)^3(SO^4)^6$
$Pb^{12}(O^2)^4(SO^4)^6$	$Pb^{12}(O^2)^2(SO^4)^6$
$Pb^{12}(O^2)^5(SO^4)^6$	$Pb^{12}(O^2)(SO^4)^6$
$Pb^{12}(O^2)^6(SO^4)^6$	$Pb^{12}(SO^4)^6$

et les équations chimiques correspondantes sont ici
à la négative :



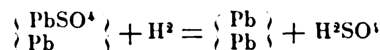
$$\left\{\begin{matrix} Pb\,SO^4 \\ Pb \end{matrix}\right\} + \begin{matrix} SO^4 \\ SO^4 \end{matrix} + 2H^2O = \left\{\begin{matrix} PbO^2 \\ PbSO^4 \end{matrix}\right\} + 2H^2SO^4$$

et à la positive



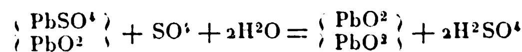
$$\left\{\begin{matrix} PbO^2 \\ PbSO^4 \end{matrix}\right\} + \begin{matrix} H^2 \\ H^2 \end{matrix} + H^2SO^4 = \left\{\begin{matrix} PbSO^4 \\ Pb \end{matrix}\right\} + \begin{matrix} 2H^2O \\ H^2SO^4 \end{matrix}$$

En continuant la charge d'inversion, l'acide sulfurique s'élimine peu à peu comme dans une charge normale. Dans ce cas, les composés $Pb^2\,SO^4$ à la négative et $Pb^2O^2SO^4$ à la positive sont transformés en Pb et PbO^2 d'après les équations
à la négative



$$\left\{\begin{matrix} PbSO^4 \\ Pb \end{matrix}\right\} + H^2 = \left\{\begin{matrix} Pb \\ Pb \end{matrix}\right\} + H^2SO^4$$

et à la positive



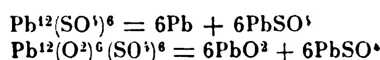
$$\left\{\begin{matrix} PbSO^4 \\ PbO^2 \end{matrix}\right\} + SO^4 + 2H^2O = \left\{\begin{matrix} PbO^2 \\ PbO^2 \end{matrix}\right\} + 2H^2SO^4$$

L'auteur explique que, la négative limitant la capacité, la baisse est plus rapide que dans le cas de la positive par ce fait qu'à la négative, l'accroissement de résistance est soudain, qu'une

sulfatation plus grande est impossible et que l'inversion commence ; tandis qu'à la positive la sulfatation peut aller un peu plus loin pendant la décharge, de sorte que le produit final se rapproche de la formule PbO^2, $2PbSO^4$. Le plus ordinairement, cependant, on s'arrête à PbO^2, $PbSO^4$.

Au point de vue chimique tous les composés ci-dessus se comportent comme des mélanges ; en cela ils ressemblent aux miniums et aux carbonates de plomb qui présentent un haut degré d'instabilité Dans l'accumulateur même cette transformation peut se produire et donne lieu alors à la sulfatation si nuisible ; les molécules quittent leur état polymérique et reviennent à l'état normal.

Les équations ci-dessous indiquent comment se briseraient deux molécules complexes.



$$Pb^{12}(SO^4)^6 = 6Pb + 6PbSO^4$$
$$Pb^{12}(O^2)^6(SO^4)^6 = 6PbO^2 + 6PbSO^4$$

Wade admet comme probable que les molécules de sulfate ainsi produites doivent donner un volume plus grand qu'à l'état combiné et, par conséquent, comprimer la matière active, ce qui tend à diminuer la porosité. Les taches blanches qui se produisent sur les plaques seraient dues au Pb et au PbO^2 en molécules libres qui se sulfateraient beaucoup plus facilement que les molécules complexes.

Pour expliquer la perte de capacité des négatives et le phénomène de contraction qui l'accompagne, l'auteur fait remarquer que, d'après Schutzemberger, le cuivre allotropique revient à l'état normal par un trempage prolongé dans l'acide sulfurique et qu'il pourrait en être de même pour le plomb.

En résumé, d'après cette nouvelle théorie, les différentes transformations chimiques des matières actives positive et négative pendant le fonctionnement de l'accumulateur seraient données par le tableau ci-dessous.

		Négative	Positive	
	Pb . . .	Pb^{12}	$Pb^{12}(O^2)^{12}$	PbO^2
Décharge		$PbSO^4$ Pb^{11}	$PbSO^4$ $Pb^{11}(O^2)^{11}$	
		$Pb^2(SO^4)^2$ Pb^{10}	$Pb^2(SO^4)^2$ $Pb^{10}(O^2)^{10}$	
	$PbSO^4$ $3Pb$	$Pb^3(SO^4)^3$ Pb^9	$Pb^3(SO^4)^3$ $Pb^9(O^2)^9$	$PbSO^4$ $3PbO^2$
		$Pb^4(SO^4)^4$ Pb^8	$Pb^4(SO^4)^4$ $Pb^8(O^2)^8$	

Décharge		$Pb^5(SO^4)^5$ Pb^7	$Pb^5(SO^4)^5$ $Pb^7(O^2)^7$	
	$PbSO^4$ Pb	$Pb^6(SO^4)^6$ Pb^6	$Pb^6(SO^4)^6$ $Pb^6(O^2)^6$	$PbSO^4$ $3PbO^2$
Inversion		PbO^2 $Pb^6(SO^4)^6$ Pb^5	Pb $Pb^6(SO^4)^6$ $Pb^5(O^2)^5$	
		$Pb^2(O^2)^2$ $Pb^6(SO^4)^6$ Pb^4	Pb^2 $Pb^6(SO^4)^6$ $Pb^4(O^2)^4$	
	PbO^2 $2PbSO^4$ Pb	$Pb^3(O^2)^3$ $Pb^6(SO^4)^6$ Pb^3	Pb^3 $Pb^6(SO^4)^6$ $Pb^3(O^2)^3$	Pb $2PbSO^4$ PbO^2
		$Pb^4(O^2)^4$ $Pb^6(SO^4)^6$ Pb^2	Pb^4 $Pb^6(SO^4)^6$ $Pb^2(O^2)^2$	
		$Pb^5(O^2)^5$ $Pb^6(SO^4)^6$ Pb	Pb^5 $Pb^6(SO^4)^6$ PbO^2	
	PbO^2 $PbSO^4$	$Pb^6(O^2)^6$ $Pb^6(SO^4)^6$	Pb^6 $Pb^6(SO^4)^6$	Pb $PbSO^4$
Recharge		$Pb^7(O^2)^7$ $Pb^5(SO^4)^5$	Pb^7 $Pb^5(SO^4)^5$	
		$Pb^8(O^2)^8$ $Pb^4(SO^4)^4$	Pb^8 $Pb^4(SO^4)^4$	
	PbO^2 $3PbSO^4$	$Pb^9(O^2)^9$ $Pb^3(SO^4)^3$	Pb^9 $Pb^3(SO^4)^3$	$3Pb$ $PbSO^4$
		$Pb^{10}(O^2)^{10}$ $Pb^2(SO^4)^2$	Pb^{10} $Pb^2(SO^4)^2$	
		$Pb^{11}(O^2)^{11}$ $PbSO^4$	Pb^{11} $PbSO^4$	
	PbO^2	$Pb^{12}(O^2)^{12}$	Pb^{12}	Pb
		+	−	

APPAREILLAGE

Densité de courant dans les résistances, par **G. Erlacher**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 404, 8 mai 1902.

L'auteur fait d'abord remarquer que, dans les mêmes conditions de ventilation, la densité de courant amenant dans une résistance une élévation de température donnée, dépend du diamètre du fil, et que par suite il est mauvais de fixer des densités de courant admissibles dans les fils : la loi exacte est donnée par la formule

$$J = K_t \sqrt{d^3}, \qquad (1)$$

dans laquelle J désigne le courant dans le fil, K_t une constante dépendant de la ventilation et de l'excès de température t admis, d le diamètre du fil en millimètres ; on a d'ailleurs entre les deux constantes K_t et $K_{t'}$ relatives à deux excès différents t et t', la relation

$$\frac{K_{t'}}{K_t} = \sqrt{\frac{t'}{t}}. \qquad (2)$$

L'auteur a effectué plusieurs séries d'essais pour déterminer la valeur de la constante K relative à la nickeline, d'une résistivité de 42 microhms-centimètre.

Dans une première série, il a monté à la suite l'une de l'autre trois résistances en nickeline à l'air libre constituées par du fil de 1 mm de diamètre (K = J), suivant trois dispositions différentes : I, boudins tendus dans un cadre en fer; II, fil tendu entre deux rouleaux cannelés en porcelaine, distants de 30 cm, les spires étant écartées de 5 mm; III, fil enroulé sur deux cylindres en porcelaine munis d'un pas de vis convenable.

Sous un courant de 10 ampères, le fil des deux premières résistances se colorait presque aussitôt, tandis que pour la troisième, la coloration ne se produisait qu'au bout de cinq minutes. Ce fait est dû à ce que la porcelaine absorbe au début une grande partie de la chaleur dégagée, et que par suite le régime de température n'est atteint qu'au bout d'un temps plus long, quand toute la masse de la porcelaine s'est échauffée ; mais la température de régime ainsi obtenue est la même que pour les dispositions I et II ; cette circonstance dénote un sérieux avantage de la disposition III, pour le cas de résistances fonctionnant d'une façon intermittente, pendant un temps suffisamment court.

Ces essais ont été faits pour des températures variant depuis 90° jusqu'à 1200°, température de fusion de la nickeline ; les températures étaient mesurées au thermomètre à mercure jusqu'à 300°, et pour toute l'échelle par l'emploi d'alliages ou de métaux fondant à des températures connues. La constante K_t de la formule (1), rapportée à un excès de température $t = 100°$, a varié de 5,72 à 7,04, et a présenté dans deux séries de mesures, les valeurs moyennes 6,47 et 6,39. On peut donc adopter dans la formule (1)

$$K_{100} = 6,40$$

et calculer la constante pour les autres températures par la relation (2).

Dans une seconde série d'essais effectués avec la disposition III, pour étudier le cas d'une mauvaise ventilation, l'auteur a enfermé la résistance dans une boîte métallique en tôle de fer, d'abord ouverte par le bas seulement, puis entourée d'amiante.

L'intensité de courant amenant la fusion, soit une température de 1200°, la température ambiante étant 15°, a été trouvée dans les deux cas 19,5 et 20 ampères.

La fusion à l'air libre se produisant avec J = 22 ampères, la constante pour mauvaise ventilation, sans enveloppe d'amiante est

$$K'_{100} = \frac{19,5}{22} 6,40 = 5,70 .$$

Muni de ces deux constantes pour résistances à l'air libre et résistances mal ventilées, on peut facilement calculer le diamètre correspondant à un échauffement quelconque.

L'auteur termine par quelques considérations sur la valeur de l'échauffement à admettre dans différents cas.

On ne peut songer à atteindre 300° avec des résistances en boudins, sans craindre des court-circuits entre spires ; la disposition II est préférable à ce sujet, bien qu'il soit bon de n'y pas dépasser 300° ; avec l'enroulement sur porcelaine, et pour un pas convenable (profil 60°), le court-circuit n'est plus à redouter, même au rouge sombre, soit 500° ; mais le métal se détruit alors rapidement, et il ne faut adopter 450°, que pour le cas d'une marche intermittente.

On peut fixer ainsi les chiffres suivants :

Démarreurs ne restant pas en circuit, sur cylindre de porcelaine, 450° ; en boudins, 300° ;

Régulateurs de vitesse restant en circuit, sur cylindre de porcelaine, 300°; en boudins, 200° ;

Rhéostats d'excitation, de feeders ou de lampes, 100°.

Il y a une notable économie à enrouler sur porcelaine les démarreurs intermittents.

En effet, à résistance égale, les poids de métal sont entre eux comme les puissances 4 des diamètres, et par suite comme les puissances $\frac{8}{3}$ des inverses des constantes.

Or on a $K_{450} = 13,6$ $K_{300} = 11,10$ à l'air libre, et les poids correspondants P_1 à l'enroulement sur porcelaine ($t = 450°$), et P_2 à l'emploi des boudins ($t = 300°$), sont dans le rapport

$$\frac{P_1}{P_2} = \sqrt[3]{\left(\frac{11,1}{13,6}\right)^8} = 0,583,$$

soit une économie de 41,7 p. 100 en faveur du premier système. A. M.

BOBINE D'INDUCTION

***Sur la bobine d'induction**, par* **Lord Rayleigh**, *Phil. Mag.* [VI], t. II, p. 581, décembre 1901.

Malgré les travaux nombreux qui ont été publiés récemment sur ce sujet par Oberbeck [1], Walter [2], Mizuno [3], Beattie [4] et Klingelfuss [5] on ne connaît pas assez bien la manière de fonctionner d'une bobine d'induction : il n'y a, en effet, pas de formule, à l'époque actuelle, qui puisse déterminer, d'après les données de construction et la valeur du courant primaire, l'ordre de grandeur de la longueur de l'étincelle se produisant dans le secondaire après chaque interruption du primaire.

Les complications qui se présentent proviennent — ou peuvent provenir — de plusieurs causes. Parmi ces causes, on peut d'abord citer l'écartement du *fer* des propriétés théoriques qu'on lui attribue; cela est dû aux courants de Foucault dans le noyau de fer, et au défaut de proportionnalité entre le magnétisme et la force magnétisante.

Une autre complication provient du mode de rupture, qui, dans la théorie est considérée comme instantanée ; mais qui, dans la pratique, exige un temps relativement appréciable.

Une troisième complication provient de la capacité du secondaire en vertu de laquelle les courants ne doivent pas être égaux dans toute la longueur au même instant.

Mais si nous faisons abstraction de ces complications, en considérant la rupture comme se faisant instantanément, le fer idéal, le secondaire dénué de capacité, la théorie devient très simple : c'est la théorie proposée par Maxwell [6] en 1864. Si x, y désignent les courants primaire et secondaire, L, M, N les coefficients de self-induction et d'induction mutuelle, l'énergie du champ est donnée par

$$\frac{1}{2}Lx^2 + Mxy + \frac{1}{2}Ny^2. \qquad (1)$$

[1] *Wied. Ann.*, t. LXII, p. 109, 1897, t. LXIV, p. 193 1898.

[2] *Wied. Ann.*, t. LXII, p. 300, 1897; t. LXVI, p. 623 1898.

[3] *Phil. Mag.*, t. XLV, p. 447, 1898.

[4] *Phil. Mag.*, t. L, p. 139, 1900.

[5] *Wied. Ann.*, t. V, p. 837, 1901.

[6] « Electromagnetic Field », *Phil. Trans.*, 1864. *Maxwells Scientific Papers*, t. I, p. 546.

En désignant par c le courant primaire avant la rupture, le courant secondaire aura pour expression au temps t, après la rupture,

$$y = c\frac{M}{N}e^{-\frac{R}{N}t}. \qquad (1)$$

R étant la résistance du circuit secondaire. Le courant commence avec une valeur $\frac{cM}{N}$ et disparaît graduellement.

La formation du courant initial est rendue claire par le théorème de Kelvin, ainsi que lord Rayleigh l'a montré depuis longtemps [1]. Mais pour cela il est préférable de considérer le phénomène inverse, c'est-à-dire *l'établissement* instantané du courant primaire c. Le théorème de lord Kelvin prouve alors que l'énergie cinétique du (1) champ astreinte à la condition $x = c$ doit être un minimum ; de sorte que,

$$Mc + Ny = 0$$

donne le courant initial secondaire. Dans le cas d'une *rupture* brusque, on n'aura qu'à changer le signe de y.

Maintenant, immédiatement après la rupture, $x = 0$, $y = c\frac{M}{N}$; l'énergie cinétique devient alors

$$\frac{1}{2}Ny^2,$$

ou encore

$$\frac{1}{2}\frac{M^2c^2}{N}$$

Mais immédiatement *après* la rupture, l'énergie cinétique est $\frac{1}{2}LC^2$, de sorte que la perte d'énergie à la rupture — l'énergie de l'étincelle *primaire* — est donnée par

$$\frac{1}{2}c^2\frac{LN - M^2}{N}, \qquad (3)$$

expression qui s'évanouit quand les deux circuits, primaire et secondaire, sont entrelacés ensemble.

Si, maintenant, nous *continuons* à admettre que le fer possède les propriétés qu'on lui attribue théoriquement et que la rupture est ins-

[1] « On some electromagnetic Phenomena considered in connexion with the Dynamical Theory ». *Phil. Mag.*, t. XXXVIII, p. 1, 1869; *Scientific Papers*, t. I, p. 6.

tantanée, le courant secondaire qu'on vient de calculer peut alors être considéré comme ayant pris naissance instantanément. Ceci devient évident quand on relie les deux bouts du secondaire à un condensateur quelconque (bouteille de Leyde, par exemple). Mais cela se produit même quand on n'utilise pas de condensateur — la capacité du circuit secondaire agissant dans le même sens et permettant l'établissement du courant. Dans la suite on considèrera les deux extrémités du secondaire associées à une capacité, cette dernière provenant ou non d'une bouteille de Leyde en relation avec le secondaire. Dans ces conditions le courant secondaire est soumis à la loi trouvée par Lord Kelvin en 1853 et qui s'applique à toutes les vibrations possédant un seul degré de liberté : *si la résistance n'est pas trop grande, le courant est oscillatoire*. Après un quart de période complète de ces oscillations, le courant s'évanouit, et toute l'énergie restante c'est l'énergie potentielle de la charge électrique. Si la résistance du secondaire est négligeable, l'énergie potentielle de charge est l'équivalent de l'énergie originelle du courant secondaire immédiatement après la rupture. Dans le cas des deux circuits, primaire et secondaire, entrelacés ensemble, elle est la même que l'énergie du courant primaire avant la rupture.

En partant de ces principes on peut aisément assigner une limite à la différence de potentiel maximum aux pôles du secondaire, et par suite à la longueur de l'étincelle, en tant que cette dernière dépend de la différence de potentiel.

Si nous désignons par C la capacité aux extrémités du secondaire, V la différence de potentiel maximum, l'énergie de charge peut s'écrire $\frac{1}{2}CV^2$, et elle ne peut jamais excéder l'énergie du courant primaire avant la rupture, c'est-à-dire $\frac{1}{2}LC^2$. La valeur limite de V est par conséquent,

$$V = c\sqrt{\frac{L}{C}}$$

et elle est proportionnelle au courant primaire. Dans les limites où le fer peut être considéré comme « idéal », il n'y a pas de raison pour que cette formule n'indique la valeur maximum de V avec une approximation tolérable; et quant à la proportionnalité entre la longueur de l'étincelle et le courant primaire, cela résulte suffisamment des expériences de Walter. Mais si le noyau de fer est très long par rapport à son diamètre, ou bien s'il se rapproche d'un circuit fermé, L n'a plus le même sens que précédemment. Mais cela n'influe pas sur le principe que nous venons d'énoncer : *l'énergie de charge existant avant le moment où l'étincelle secondaire éclate ne peut excéder l'énergie du courant primaire avant la rupture.*

Nous allons maintenant considérer comment se répartit l'énergie du courant primaire ; ici encore les opinions sont divisées. Mais l'opinion générale est que l'aimantation superficielle du fer représente une large part de l'énergie disponible. Si cela est vrai, la conclusion est sans doute favorable à un noyau très long ou complètement fermé. Lord Rayleigh [1] a essayé de montrer, il y a déjà quelque temps, en se basant sur la théorie de Warburg et Hopkinson, que le fer aimanté au plus haut degré ne peut pas être regardé comme source d'énergie ; l'énergie dépensée pendant l'aimantation n'étant récupérable que dans une très faible proportion, ou même pas du tout. Quoique cette conclusion ne paraisse pas avoir été acceptée, peut-être par suite d'une application erronée aux transformateurs de courant alternatif, l'auteur ne voit cependant pas comment on pourrait s'en dégager. L'énergie disponible d'un circuit magnétique de fer, fermé et fortement aimanté est insignifiante. Mais si la longueur du noyau de fer est limitée, il y a de l'énergie disponible, en vertu de la polarité libre aux deux bouts du noyau [2].

---

[1] « On the Energy of Magnetized Iron », *Phil. Mag.*, t. XXII, p. 175, 1886; *Scientific Papers*, t. II, p. 543.

[2] La théorie est mieux imagée par le cas d'un ellipsoïde de révolution exposé à une force magnétisante *extérieure* $\mathcal{H}'$ agissant parallèlement à l'axe.

Si $\mathcal{I}$ désigne l'aimantation parallèle à l'axe de symétrie ($2c$), l'effet démagnétisant de $\mathcal{I}$ est $N\mathcal{I}$, où N est une constante numérique (fonction de l'excentricité e). Quand l'ellipsoïde a une forme ovoïde ou allongée on a alors

$$a = b = c\sqrt{(1 - e^2)}$$

$$N = 4\pi\left(\frac{1}{e^2} - 1\right)\left(\frac{1}{2e}\log\frac{1+e}{1-e} - 1\right)$$

qui dans le cas limite d'une sphère ($e = 0$) devient

$$N = \frac{4}{3}\pi$$

Le travail dépensé pour aimanter le fer est, par unité de volume,

$$\int \mathcal{H}\, d\mathcal{I} + \frac{1}{2} N\mathcal{I}^2$$

en comptant ce travail à partir du zéro d'aimantation et en désignant par $\mathcal{H}$ la force magnétisante totale, par $\mathcal{I}$ l'aimantation parallèle à l'axe de symétrie et par N une constante numérique dépendant de la forme de l'échantillon de fer employé. La première partie est pratiquement dissipée; la seconde qui, dans la plupart des cas de circuits magnétiques ouverts, est de beaucoup la plus grande, est complètement récupérée pendant que le fer se désaimante.

S'il paraît paradoxal que la grande force électromotrice intégrale qui accompagne la disparition de forte aimantation dans un circuit de fer fermé soit si insuffisante, nous devons faire remarquer que la valeur mécanique de la force électromotrice dépend de la grandeur du courant dont elle dérive, et que dans le cas présent l'existence d'un plus que très faible courant est incompatible avec cette chute d'aimantation de laquelle dépend la force électromotrice.

Les considérations que nous venons d'énumérer sont intéressantes dans la question qui nous occupe pour fournir une limite dépendant seulement du noyau de fer et de la capacité du secondaire. $\mathcal{I}$ ne peut pas excéder environ 1 700 c. g. s., quelle que puisse être la force magnétisante du courant primaire. Si alors v représente le volume du noyau, le maximum d'énergie est

$$\frac{1}{2} N \times v \times 1\,700^2$$

en négligeant l'énergie du courant primaire quand il n'y a pas de noyau. Et la limite de V est obtenue en égalant ceci à $\frac{1}{2}$ CV² de sorte que (¹)

$$V = 1\,700 \sqrt{\frac{Nv}{C}}. \qquad (6)$$

Cette formule limite (6) dans laquelle ne figurent ni la valeur du courant primaire, ni le nombre de spires du secondaire, a été obtenue en supposant

---

et dans l'autre cas extrême d'allongement,

$$(5) \qquad N = 4\pi \frac{a^2}{c^2} \left(\log \frac{2c}{a} - 1 \right).$$

De sorte que la force agissant en dernière ligne de compte sur le fer est

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}' - N\mathcal{I}.$$

Et si, pour un ellipsoïde très allongé, nous connaissons la relation qui existe entre $\mathcal{H}$ et $\mathcal{I}$, l'équation précédente donne la relation entre $\mathcal{H}'$ et $\mathcal{I}$ pour un ellipsoïde d'allongement modéré. Si nous supposons que $\mathcal{H}$ est tracé comme fonctioe de $\mathcal{I}$, pour obtenir la courbe de $\mathcal{H}'$, nous n'avons qu'à ajouter aux ordonnées la portion correspondant à $N\mathcal{I}$.

(¹) Lord Rayleigh a fait une application grossière de cette formule à une bobine dont le noyau de fer avait 3 cm de diamètre et une longueur de 27 cm, de sorte que $v = 180$ cm³. La formule (5) de la note 2.... qui, à proprement parler, n'est applicable que seulement à un ellipsoïde, donne dans ce cas, en y faisant $2a = 3$; $2c = 27$,

$$N = 0{,}30.$$

Quant à la capacité du secondaire, c'est là une question qui est plus difficile à éclairer. La capacité entre le primaire et le secondaire, considérés comme pôles d'un condensateur, peut être calculée et dans beaucoup de cas déterminée expérimentalement. La dimension axiale du secondaire de la bobine en question est d'environ 18 cm et le diamètre extérieur du primaire est d'environ 5 cm, donnant comme aire de chacune des surfaces opposées 270 cm². L'intervalle entre le primaire et le secondaire est 0,25 cm; de sorte qu'en prenant la capacité inductive spécifique de la couche intermédiaire comme égale à 3, nous obtenons pour la capacité du condensateur ainsi constitué (en mesure électrostatique)

$$\frac{1}{4\pi} \times 3 \frac{270}{0{,}25} = 258 \text{ cm.}$$

Il n'y a cependant qu'une petite fraction de cette capacité qui agit dans le cas présent.

Si nous considérons une bobine cloisonnée, le potentiel au milieu de cette bobine est zéro, le même que celui du primaire, et croit vers chaque bout. Le facteur de réduction de cette somme est $\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} x^2 dx = \frac{1}{12}$ de sorte que nous pouvons poser comme valeur de C dans l'expression 6, environ 23 cm, probablement trop petite. Avec ces données, on trouve

$$V = 2\,600 \text{ C. G. S. électrostatiques,}$$

ou

$$V = 7{,}9 \times 10^5 \text{ volts}$$

Si nous admettons 33 000 volts par centimètre d'étincelle, l'étincelle devrait avoir 24 cm de longueur. Or la bobine en question est construite pour 8 à 10 cm d'étincelle. Et il est remarquable que la limite, fixée en tenant compte seulement du fer et de la capacité du secondaire n'excède que modérément la force actuelle de la bobine.

le fer saturé magnétiquement. Elle montre, sans doute avec quelque exagération, le désavantage d'une trop grande longueur de la bobine. Si a est donné, quand c varie, v et C sont proportionnels à c, de sorte que pour $c = \infty$, V est de l'ordre de $\sqrt{N}$ et N de l'ordre c^{-1} approximativement. D'une manière analogue l'accroissement de la capacité effective explique le manque de recherches d'accroître la longueur de l'étincelle en combinant en série des bobines similaires, en dépit de l'énergie augmentée au moment de la rupture.

Si maintenant l'on veut avoir une estimation grossière plutôt qu'une limite, on peut obtenir une formule plus pratique en substituant dans (6), à la placede $\mathfrak{I}$ sa valeur approchée $\frac{\mathcal{H}'}{N'}$, où $\mathcal{H}'$ est la force magnétisante extérieure agissant parallèlement à l'axe, de sorte que,

$$V = \mathcal{H}'\sqrt{\frac{\mathcal{H}}{NC}} \qquad (7)$$

où $\mathcal{H}'$ désigne la force magnétisante extérieure due au courant primaire ; quant à la force magnétisante actuelle nécessaire pour aimanter le fer doux, elle est ici regardée comme relativement négligeable.

D'après (7) la longueur de l'étincelle est proportionnelle, toutes choses égales d'ailleurs, au courant primaire, et elle croît avec la longueur de la bobine, puisque N est au dénominateur. Mais on ne doit pas appliquer cette formule dans la région où le fer devient approximativement saturé.

Dans la discussion de plus haut, la capacité C du secondaire sera probablement appelée à jouer un rôle très important et inattendu et on peut se demander si c'est réellement cette capacité qui limite la longueur de l'étincelle dans les bobines actuelles. Il n'est pas difficile de prouver par l'expérience qu'en appliquant aux extrémités du secondaire des capacités de l'orde de celles estimées plus haut, la longueur de l'étincelle est en effet réduite ; mais cette réduction ne suit cependant pas la loi de $C^{-\frac{1}{2}}$ que nous avons obtenue précédemment (éq. 6). D'où vient ce désaccord ? C'est qu'on a obtenu cette loi en supposant — ce qui ne peut jamais arriver dans la pratique —, que la rupture est absolument instantanée et qu'il n'y a pas de courants de Foucault. Et si dans ces conditions il n'y avait pas de capacité du secondaire, il semblerait qu'il ne pourrait pas y avoir de limite pour le potentiel maximum développé. Les expériences de J.-J. Thomson [1] peuvent être considérées comme prouvant que même dans les cas extrêmes, tel que celui dont nous venons de parler, le fer, comme une surface magnétique, ne manquera pas de répondre à cette question.

En ce qui concerne les courants de Foucault, il est bon d'aller un peu plus loin et de voir de quoi dépend leur importance. S'il n'y avait pas de circuit secondaire, le magnétisme de chaque fil du noyau de fer se continuerait après la rupture, supposée rigoureusement instantanée, par un courant de Foucault superficiel. Un circuit secondaire, enlacé de près avec le primaire transportera ces courants en lui-même, et continuera ainsi pendant le premier moment le magnétisme du noyau. Mais comme, peu de temps après le magnétisme diminue, les courants de Foucault tendront à se former, et leur importance, pour notre but, dépend de leur durée. Si cette dernière est courte, comparativement aux constantes de temps du secondaire, leur influence peut être négligée. Car autrement la force électromotrice de la chute de magnétisme resterait et agirait à son moindre avantage. La constante de temps, à savoir, le temps pendant lequel le courant diminue dans le rapport de e à 1, a pour valeur le courant de Foucault principal, dans un cylindre de rayon r,

$$\tau = \frac{4\pi\mu k r^2}{(2,404)^2} \qquad (8)$$

où k désigne la conductibilité et μ la perméabilité magnétique [2].

Si maintenant d est l'épaisseur d'une feuille d'étain ayant même constante de temps qu'un fil de rayon r, il est facile de voir qu'on a de la même manière

$$\frac{d}{r} = \frac{\pi}{2,404}.$$

Si nous prenons, pour le fer,

$$k = \frac{1}{9611}\ \text{C. G. S.} \qquad \mu = 500\ \text{C. G. S.}$$

---

(1) *Recent Reshearches*, p. 323.

(2) *Brit. Assoc.*, Rep. p. 446 (1882); *Scientific Papers* t. II, p. 128. (Lord Rayleigh).

il vient

$$\tau = \frac{1}{10} r^2. \qquad (9)$$

de sorte que pour un fil de 1 mm. de diamètre $r = \frac{1}{4000}$ seconde, et on pourrait donc se demander si cette valeur est assez petite pour empêcher les courants de Foucault de réagir sur le secondaire.

Nous allons maintenant considérer la troisième des causes qui imposent une limite à l'étincelle secondaire, à savoir, le manque d'instantanéité de la rupture. Nous supposerons pour le moment que le secondaire ne contient pas de condensateur en dérivation. Après la cessation du contact métallique le courant primaire est un peu prolongé par la formation d'un court arc, dont la durée dépend, entre autres, de la nature du métal et de la grandeur du courant lui-même. Si maintenant nous supposons de nouveau que le fer possède les qualités théoriques (idéales), nous pouvons traiter le secondaire comme un simple vibrateur sur lequel agit une force U proportionnelle au rapport de chute du courant primaire [1].

Et maintenant la nature de la bobine secondaire, spécialement en ce qui concerne le nombre de spires, entre en question. Avec l'hypothèse que la rupture est absolument instantanée nous arrivons à la conclusion un peu paradoxale que la limite de la longueur de l'étincelle dépend seulement de la capacité du secondaire sans s'intéresser au nombre de spires du secondaire — nombre qui pourrait varier dans d'assez larges limites sans influencer sensiblement la capacité. Quoi qu'il en soit, nous voyons donc qu'une réduction dans le nombre de spires, et la diminution qui en résulte pour le temps d'oscillation, nécessitera une instantanéité de plus en plus grande de la rupture si l'on veut avoir l'effet entier.

Mais qu'arrive-t-il si l'on fait usage d'un condensateur dans le primaire ? En ce qui concerne ce condensateur, il est bien connu que dans la plupart des bobines actuelles il est un auxiliaire de la plus haute importance, pouvant accroître la longueur de l'étincelle de cinq à dix fois ; même quand les interruptions du primaire (la rupture) sont faites au moyen

---

(1) L'équation d'un pareil vibrateur, est, comme on le sait

$$\frac{d^2u}{dt^2} + \varkappa \frac{du}{dt} + n^2 u = U; \qquad (10)$$

l'intégrale de cette équation avec les conditions initiales (pour $t = 0$)

$$u = 0 \text{ (pas de charge)}$$

$$\frac{du}{dt} = 0 \text{ (pas de courant)}$$

est (*Theory of Sound*, t. I. § 66),

$$u = \frac{1}{n'}\int_0^t e^{-\frac{1}{2}\varkappa(t-t')} \sin n'(t-t').\, U dt' \qquad (11)$$

avec

$$n' = \sqrt{\left(n^2 - \frac{1}{4}\varkappa^2\right)}. \qquad (12)$$

Les différents éléments de l'intégrale (11) représentent les effets au temps t des vitesses Udt' communiquées un temps $(t - t')$ auparavant. Dans le cas actuel, nous considérerons U positif partout et $\int U dt'$ donné.

Mais remarquons que si $\varkappa = 0$, c'est-à-dire si la résistance du secondaire s'évanouit, alors $n' = \sqrt{n^2} = n$ et par suite

$$u = \frac{1}{n}\int_0^t \sin n(t-t')\, U dt'. \qquad (13)$$

Il est facile de voir que cette intégrale, qui représente le potentiel aux extrémités du secondaire, est maximum quand U est concentré au même temps t' ; et que t est tel que

$$\sin n(t - t') = 1$$

c'est-à-dire, physiquement parlant, quand la rupture est absolument instantanée et le temps considéré est ultérieur d'un quart de période. Si la rupture n'est pas instantanée, $\sin n(t-t')$ ne pourra pas atteindre sa valeur la plus élevée possible.

La théorie est substantiellement la même si $\varkappa$ est fini. On a même valeur de $(t - t')$ pour laquelle

$$e^{-\frac{1}{2}\varkappa(t-t')} \sin n'(t-t')$$

est maximum ; et la plus grande valeur de u sera obtenue en concentrant U au même instant t' et en choisissant t de telle manière que $(t - t')$ ait la valeur définie plus haut. La conclusion est que, si le courant primaire tombe de sa valeur maximum à zéro sans oscillation, le potentiel entre les extrémités du secondaire sera le plus grand quand cette chute sera absolument instantanée, et que cette valeur maximum commencera sensiblement à partir de l'instant où la rupture occupe un temps comparable à une des constantes de temps du circuit secondaire. Dans le cas où il n'y a pas de résistance nous avons affaire seulement au temps d'oscillation du secondaire ; mais si la résistance est grande, l'autre constante de temps $\frac{N}{R}$ doit être la plus petite (voir l'éq. (2)).

d'un interrupteur ordinaire à contacts en platine. On considère généralement, et non sans raison, que le condensateur a pour but d'absorber l'étincelle primaire, en augmentant ainsi l'instantanéité de la rupture et on lui attribue en outre une autre faculté, en se rappelant que l'effet peut être non seulement de produire l'arrêt du circuit primaire, mais encore, actuellement, de le renverser. En ce qui concerne cette question de condensateur, Lord Rayleigh, bien qu'il trouve la théorie présente comme étant correcte, donne néanmoins quelques vues nouvelles qui lui sont personnelles.

L'action du condensateur, et spécialement la recherche de la capacité la plus avantageuse, a été étudiée par MM. Walter et Mizuno. Le premier trouve que la capacité la plus avantageuse varie dans l'air ou dans l'huile avec le mode d'interruption du primaire. M. Mizuno trouve que cette capacité dépend de l'intensité du courant primaire, un courant intense exigeant une grande capacité.

Quand on emploie une capacité dans le primaire il faut la réunir aussi directement que possible aux pôles où la rupture doit s'effectuer ; en insérant, en effet, un électro-aimant relativement petit entre un des pôles du primaire où la rupture doit se produire et un des pôles du condensateur, on annihile complètement l'action de ce dernier [1]. Et cela se comprend, car cet électro-aimant produit au point de contact avec le primaire un petit *arc* que le condensateur ne peut plus éteindre (ou plutôt absorber).

Mais si nous regardons la question au point de vue théorique, et si nous nous plaçons dans le cas où il n'y a pas de perte magnétique, on peut supposer, au point de vue pratique, qu'une diminution instantanée du courant primaire amène toute l'énergie disponible dans le circuit secondaire et dans ce cas, le condensateur ne peut jouer qu'un rôle nuisible.

S'il y a une faible induction (relativement) entre le primaire et le secondaire, on conçoit alors facilement que l'action du condensateur doit être avantageuse. Si les résistances du primaire et du secondaire sont petites, les deux courants, primaire et secondaire, peuvent exécuter de nombreuses oscillations ; mais si le courant primaire est interrompu, l'effet dans le secondaire ne peut être que petit. Tandis que si l'on avait un condensateur dans le primaire les vibrations du courant primaire rendues possibles par ce dernier pourraient causer une accumulation d'effets dans le secondaire. C'est à peu près ce qui se passerait avec une lame élastique encastrée dans un étau qu'on commencerait par faire vibrer et qu'on frapperait ensuite de temps en temps : elle prendrait un régime vibratoire différent du premier ; c'est le cas de ce qu'on appelle les vibrations intermittentes. Mais cela peut-il se passer dans une bobine d'induction du genre de celles qu'on construit actuellement ?

Lord Rayleigh se demande à quel point ces arguments théoriques de la suppression du condensateur dans le primaire et son remplacement par une rupture suffisamment instantanée pourraient convaincre le lecteur. Et d'abord Lord Rayleigh lui-même commence par hésiter de trop avancer cette opinion, car il n'a pas encore pu en avoir une confirmation expérimentale. Ses premiers essais ont, en effet, été mauvais. L'interruption était effectuée au moyen d'un interrupteur constitué d'un ressort qui appuyait sur un contact ; on l'en éloignait soit à l'aide d'un choc produit avec un bâton, soit à l'aide d'un poids tombant de 3,65 m environ de hauteur. La bobine était excitée par une simple pile Grove. Une interruption dans le primaire, faite vivement, à la main, donne une étincelle de 8 mm dans le secondaire ; en employant le poids tombant de 3,65 m on obtient 8,5 mm. Ceci sans condensateur dans le primaire. En employant, au contraire un condensateur dans le primaire, la longueur de l'étincelle atteignait 14 mm et cela sans distinction pour l'interruption à la main ou bien avec le poids tombant. Or la vitesse du poids arrivant sur le ressort pouvait avoir environ 9 m par seconde et comme sa masse était grande par rapport à celle du ressort, on conçoit que le résultat de ces expériences n'était pas pour satisfaire leur auteur. Mais si on accroît l'intensité du courant primaire l'avantage penche du côté du condensateur et l'utilité d'un interrupteur rapide, avec ou sans condensateur semble être nulle. Mais voici encore quelques observations très intéressantes : on a remarqué qu'avec une pile Grove dans le primaire, l'étincelle, quoique très inférieure à celle qu'on obtient en introduisant un condensateur dans le primaire, est améliorée

(1) *Phil. Mag.*, t. II, p. 282, 1901.

si l'on remplace le condensateur ordinaire des bobines par un condensateur plan formé d'une seule plaque de verre couverte de papier d'étain. Et, ce qui est encore plus instructif, si l'on réduit le courant primaire, déjà très faible (1 élem. Grove), par l'insertion d'une résistance de 1 ou 2 ohms, la longueur de l'étincelle est plus petite avec condensateur dans le primaire que sans condensateur. Ce résultat a encore été vérifié sur une seconde bobine d'induction de Apps avec son condensateur. Ceci nous amène à conclure que, pour *de très faibles courants primaires*, le condensateur fait plutôt du mal que du bien à une bobine d'induction. Mais dans le cas de courants primaires assez intenses, l'interruption qui était assez brusque pour les faibles courants, est tout à fait insuffisante pour ces derniers. Il faut donc chercher un moyen pour obtenir une rupture très nette et saccadée du circuit primaire. Lord Rayleigh a essayé plusieurs procédés. En interrompant le courant primaire en coupant le circuit au moyen d'une balle envoyée par un pistolet, il constata que l'interruption ainsi produite était suffisante pour donner, sans l'introduction du condensateur, une étincelle de longueur à peu près égale à celle produite en employant un interrupteur à Pt ordinaire et un condensateur dans le primaire. Voici d'ailleurs des chiffres à l'appui. On a employé une bobine de Apps excitée par 3 éléments Grove ; la distance explosive ou plutôt l'écartement des électrodes étant de 50 mm, on commençait par faire franchir à l'étincelle cette distance, en employant successivement l'interrupteur ordinaire avec condensateur, avec l'interrupteur à mercure et huile et avec condensateur et finalement avec la rupture produite par la balle provenant d'un pistolet sans employer le condensateur. Voici les résultats : avec l'interrupteur ordinaire, pas d'étincelle ; avec l'interrupteur à mercure et huile 1 étincelle sur 15 interruptions ; avec la rupture produite par la balle 2 étincelles se succédant sur 3 ruptures. Il n'y a donc pas de doute sur la meilleure interruption produite : c'est évidemment celle obtenue par la rupture du primaire au moyen d'une balle de pistolet et *sans* introduire de condensateur dans le primaire.

En employant des balles de carabine, les résultats ont été les suivants : distance des électrodes 60 mm. L'interrupteur à mercure et huile donne une décharge en aigrette très faible, pendant que la rupture produite par la balle donne de très bonnes étincelles.

En introduisant maintenant un condensateur dans le primaire on a remarqué qu'à 55 mm de distance on n'obtient pas de bonnes étincelles (à peine une très faible aigrette) alors que sans condensateur on a toujours de bonnes étincelles. En remplaçant le condensateur ordinaire par une lame de verre étamée, on n'a pas observé de différence sensible. En excitant la bobine par 6 éléments Grove et en écartant les pôles du secondaire de 90 mm, le même moyen de rupture brusque (la balle) ne donna pas d'étincelle si on avait un condensateur dans le primaire, mais si on supprimait ce dernier, on avait des étincelles à chaque rupture.

De ce qui précède il résulte donc que le condensateur employé concurremment avec un interrupteur ordinaire dans le primaire est utile pour empêcher la formation d'un arc entre les extrémités où se produit la rupture, *mais si l'on peut rendre cette dernière suffisamment instantanée, le condensateur devient nuisible, travaillant en sens inverse et en prolongeant la période de chute du courant primaire.*

La première condition requise pour le bon fonctionnement d'une bobine est évidemment l'existence d'une énergie suffisante à la rupture, et ceci implique l'existence d'une masse considérable de fer, bien aimanté, et ne formant pas un circuit presque fermé. L'utilisation complète de cette énergie dépend de l'instantanéité de la rupture (interruption) du primaire, des courants de Foucault dans le noyau de fer et (en ce qui concerne la longueur de l'étincelle) de la capacité du secondaire.

Eugène NÉCULCÉA.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 2 juin 1902.

Etude expérimentale sur la dissociation des éléments constitutifs de la dépense énergétique des moteurs employés à une production de travail positif, par **A. Chauveau**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1266-1271.

Des recherches antérieures sur la dépense d'énergie imposée à un muscle pour effectuer le soulèvement d'une charge ont montré à l'auteur que cette dépense est la somme des trois parties suivantes :

A. L'énergie qui annihile l'effet de la pesanteur sur la charge, ou qui crée dans le muscle la force capable de faire équilibre à cette charge et de la préparer ainsi au soulèvement. Cette perte d'énergie, couronnée par la tension équilibrante du muscle pendant le soulèvement des charges est proportionnelle à la charge soutenue ou soulevée : $A = Kp$.

B. L'énergie consacrée au soulèvement lui-même et dont la valeur équivaut au produit de la charge par la longueur du parcours accompli : $B = pl = T$.

C. L'énergie qu'absorbe la création de la vitesse communiquée à la charge pendant son parcours, énergie proportionnelle à son effet, c'est-à-dire à la vitesse créée $C = K'v$.

L'auteur s'est demandé s'il en est encore ainsi dans un moteur inanimé. Les expériences qu'il a entreprises dans ce but et dont le mode opératoire ainsi que les résultats sont décrits ci-dessous montrent que la dépense totale d'énergie d'un moteur électrique produisant un certain travail utile peut aussi être décomposée de la même façon.

L'auteur fait remarquer que « les deux dépenses A et C, incessamment créées se résolvent incessamment en chaleur qui se dissipe et que la dépense B est la seule dont la valeur énergétique soit conservée dans la force vive qui existe en puissance dans le travail mécanique effectué ». Il en résulte, ajoute-t-il, que le rendement d'un moteur, muscle ou machine, en travail mécanique vrai, ne peut jamais représenter qu'une fraction, variable suivant les cas, parfois relativement minime, de l'énergie disponible totale qui a été consacrée par le moteur à l'exécution de ce travail mécanique. [1]

[1] « Appareils. — Les moteurs électriques se prêtent seuls, quant à présent, à la réalisation des conditions expérimentales nécessaires, tout particulièrement en ce qui regarde l'étude de la dépense statique. C'est donc à l'un de ces moteurs que j'ai eu recours. La puissance et la dépense en étaient réglées à volonté par un rhéostat dont les combinaisons, extrêmement variées, suffisaient à tous les besoins.

» D'excellents instruments de mesure, voltmètre et ampèremètre très sensibles, permettaient d'apprécier rigoureusement la valeur de l'énergie électrique apportée au moteur et dépensée par ce moteur dans chaque condition expérimentale.

» Deux procédés ont été employés pour opérer, avec ce moteur électrique, des soulèvements de charges variées à des vitesses plus ou moins grandes.

» Dans l'un de ces procédés, l'arbre du moteur est conjugué bout à bout avec un autre arbre qui est, en quelque sorte, le prolongement du premier. On s'en sert pour l'enroulement ou le déroulement directs de deux fils suspenseurs qui se réfléchissent chacun sur une poulie en se terminant par un plateau léger, pourvu de guides, sur lequel se placent les poids à monter ou à descendre.

» Dans l'autre procédé, l'arbre du moteur, au lieu d'agir directement sur la charge, actionne un appareil intermédiaire pourvu de deux treuils à vitesse très réduite, permettant d'opérer lentement avec des charges beaucoup plus fortes. Ce procédé présente sur l'autre de grands avantages, entre autres celui de permettre d'atteindre plus facilement la constance du régime du moteur partant celle de l'énergie dépensée dans chaque expérience.

» Le plateau ascendant, en l'un et l'autre cas, reçoit la charge avec laquelle on désire agir.

» Il se meut le long d'une règle verticale qui permet de mesurer la longueur des chemins parcourus. Des contacts à sonnerie électrique, fixés à cette règle, indiquent l'instant précis où commence et où finit le parcours de la charge. A l'aide d'un compteur chronométrique actionné juste au moment de la sonnerie initiale et de la sonnerie terminale, on mesure, à un cinquième de seconde près, la durée du parcours. On est ainsi en possession de tous les moyens de régler, avec quelques tâtonnements, la vitesse à imprimer à la charge déplacée.

» Technique. — a. ***Procédé pour la détermination directe de la dépense statique, attachée à l'équilibration des charges***. — A l'aide des combinaisons du rhéostat, la puissance électrique fournie au moteur chargé est réglée de manière à l'amener exactement au seuil de l'entraînement. Il fonctionne alors comme un simple électro-aimant soutenant, en état d'immobilité ou d'équilibre, la charge suspendue à l'extrémité du fil enroulé sur l'arbre

Travaux magnétiques autour du massif central de Madagascar, par le **Père Colin**. *Comptes-rendus*, t. CXXXIV, p. 1274-1278.

L'auteur donne un tableau des valeurs de la déclinaison, de l'inclinaison et de l'intensité du champ magnétique déterminées par lui, en 1901, au moyen des instruments de Brünner, dans 37 stations du massif volcanique de Madagascar.

---

ou le treuil du système moteur. Dans ces conditions, la dépense électrique indiquée par les deux appareils de mesure représente sûrement la dépense spécialement consacrée à l'*équilibration simple du poids à soulever*, c'est-à-dire à la neutralisation de l'action de la pesanteur. C'est là l'un des éléments constitutifs de la dépense totale qu'il est le plus important et, dans une certaine mesure, le plus facile de se procurer.

» b. *Procédé pour la détermination directe de la dépense attachée à la création de la vitesse imprimée aux charges.* — Pour arriver à cette détermination, la fonction créatrice de la force qui imprime au déplacement des charges la vitesse dont elles sont animées doit être rendue indépendante des fonctions qui équilibrent ces charges ou leur font accomplir un certain parcours. On y arrive de la manière la plus simple : soit en supprimant toute charge sur l'un et l'autre plateau ; soit en mettant dans le plateau descendant une charge de valeur égale à celle qui est à étudier et à placer sur le plateau ascendant. Dans le premier cas, en effet, il n'y a plus rien à équilibrer ni à soulever. Dans le deuxième cas, il en est de même, parce que les deux charges, positive et négative, se neutralisent. Et alors, si l'on met le moteur en mouvement, la dépense indiquée par les appareils de mesure est exclusivement fonction de la *vitesse* qui est imprimée au moteur et que celui-ci communiquerait à la charge.

» Les résultats s'obtiennent parfois un peu péniblement à cause de la difficulté qu'on peut éprouver à mettre le moteur en régime régulier dans un temps suffisamment court. Ils sont, du reste, presque identiques avec les deux procédés, quoique le frottement des arbres soit plus considérable quand ces arbres sont chargés,

» c. *Procédé pour la détermination indirecte de la dépense attachée à la production de la force vive que le travail mécanique accumule dans la charge soulevée.* — Pour arriver à cette détermination, il faut avoir en sa possession celle de la dépense totale qu'entraîne la production du travail positif. En retranchant de cette dépense totale, avec la correcion dont il est question ci-après, la somme des deux dépenses partielles déjà indiquées, on obtient, par différence, la valeur de la dépense spéciale affectée à la création de la force vive ou du travail qui la représente. Or, la valeur de l'énergie électrique totale dépensée par le moteur, pendant l'exécution du travail positif, est toujours donnée avec une remarquable exactitude par les instruments de mesure électrique, à partir du moment où le moteur atteint son régime régulier, avec toute charge et toute vitesse d'entraînement qu'il y a lieu de choisir.

» d. *Dépenses stériles.* — Des trois dépenses partielles qui viennent d'être examinées, aucune n'est stérile, quoique la dernière seule se trouve représentée dans le travail extérieur. Mais les deux autres sont tout aussi *utiles* que la troisième, en ce sens qu'elles sont engagées dans la création des conditions, c'est-à-dire des forces, qui contribuent à l'exécution du travail extérieur. Les vraies dépenses stériles sont celles qui se produisent sans pouvoir être rattachées à cette production de travail extérieur et sans y participer en rien.

» Il importe de déterminer ces dépenses stériles, ou parasites, car elles tiennent une certaine place dans la question de la dissociation des éléments actifs de la dépense du moteur. Elles se répètent, en effet, à chaque détermination générale ou partielle des dépenses utiles et en modifient la valeur vraie.

» J'ai dit qu'avec mon dispositif expérimental il n'y a pas à tenir compte, tant elles sont faibles, des dépenses stériles qui peuvent être dues à l'influence que les variations de la charge exercent sur le frottement des arbres. La seule de ces dépenses qui ait de l'importance est celle qu'exige la machine *employée à vide*, pour être amenée au seuil de l'entraînement.

» Cette dépense stérile absorbée par l'inertie des divers organes de l'appareil est toujours la même *pour les mêmes conditions instrumentales*. Elle modifie d'autant plus le rendement général de la machine que les dépenses utiles sont plus faibles. Dans les expériences faites avec mon outillage, le rapport de la dépense stérile à la dépense totale a varié de 0,87 à 0,06. Ainsi, 13 p. 100 seulement de l'énergie électrique étaient *utilement* dépensés dans le premier cas, et dans le second 94 p. 100. Ces chiffres montrent combien il importe de tenir compte de la dépense stérile dans les expériences comparatives.

» Cette dépense stérile se répétant deux fois, quand on détermine isolément la dépense attachée à l'équilibration de la charge et la dépense attachée à la création de la vitesse imprimées à son déplacement, elle doit être retranchée une fois de la somme de ces deux dépenses avant de faire servir cette somme au calcul de la valeur de l'énergie affectée à la création de la force vive contenue en puissance dans le travail mécanique effectué.

» Expériences. — Je ne citerai que des exemples pris dans la catégorie des expériences où la machine fonctionne avec réduction de la vitesse d'entraînement des charges. On en a fait deux séries rigoureusement symétriques quant au nombre des conditions étudiées et des expériences et quant à la valeur du travail mécanique produit dans chacune de ces expériences. Dans l'une des séries, le travail mécanique variait comme la charge, celle-ci étant animée d'une vitesse constante. Dans l'autre série, le travail mécanique variait comme la charge, celle-ci conservant la même valeur.

» *Première série.* — Le chemin parcouru par la charge (1,50 m.) a été constamment accompli en 60 secondes, et la valeur de la charge, régulièrement croissante, est passée de 10 kg à 20 kg, 30 kg, 40 kg.

» *Seconde série.* — La valeur de la charge soulevée a été constamment 10 kg et le parcours (1,50 m.) de la charge s'est effectué avec une vitesse régulièrement

Une carte indique la direction de l'aiguille de déclinaison en chacune de ces stations et montre que cette direction présente des variations souvent importantes d'une station à l'autre, même lorsqu'une très faible distance sépare les stations considérées : ainsi dans l'une d'elles la déclinaison est d'un peu plus de 3° vers l'est, tandis que dans toutes les autres elle est occidentale et atteint jusqu'à 38°.

Sur la constitution des nébuleuses, par **Ch. Nordmann**. *Comptes-rendus*, t. CXXXIV, p. 1282-1285.

L'auteur a montré récemment que l'hypothèse d'un rayonnement électro-magnétique du Soleil paraît de nature à expliquer simplement divers phénomènes célestes et météorologiques. Dans cette nouvelle note, il montre qu'un rayonnement semblable des étoiles permet d'expliquer d'une manière relativement simple les apparences des nébuleuses ; puis il présente quelques objections à l'explication, proposée par M. Deslandres, des mêmes phénomènes. Nous renvoyons aux *Comptes rendus* pour les détails.

Sur une méthode de comparaison des moteurs à gaz tonnant de différentes puissances, par **Max Ringelmann**. *Comptes-rendus*, t. CXXXIV, p. 1293-1295.

Pour toute espèce de moteur, la consommation de combustible par unité de travail diminue lorsque la puissance augmente. Si donc l'on a à comparer le rendement de moteurs de puissances diverses, alimentés par le même combustible, il y a lieu pour que la comparaison soit équitable, d'établir une échelle de rendements croissant avec la puissance nominale du moteur considéré.

C'est cette règle que l'auteur a appliquée pour le classement des nombreux moteurs présentés au récent concours des moteurs à alcool. D'après la note qui nous occupe, cette application a été faite d'après les bases suivantes.

L'expérience a montré que, pour un *même* moteur à gaz tonnant fonctionnant sous des charges différentes, la consommation de combustible peut être représentée par la relation linéaire $a + bx$, où x est la dépense, a la charge à vide et b un coefficient constant, indépendant du moteur et d'autant plus grand que le pouvoir

croissante, c'est-à-dire en 60, 30, 20, 15 secondes : ce qui donne au chemin parcouru à la seconde les valeurs 0,025 m, 0,050 m, 0,075 m, 0,100 m ».

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant, reproduit, avec ses incorrections au système CGS, d'après la note de l'auteur.

A NUMÉROS d'ordre	B — TRAVAIL EXTÉRIEUR A LA SECONDE 1 Charge soulevée	 2 Chemin parcouru	 3 Énergie contenue dans le travail extérieur effectué		C DÉPENSE totale provoquée par le travail à la seconde	D — SOMME DES DÉPENSES CONSACRÉES à l'équilibration et à la création de la vitesse imprimée au soulèvement *a.* Part de l'équilibration	 *b.* Part de la création de la vitesse	 *c.* Dépense stérile à déduire 1 fois	 *d.* Somme réelle à soustraire de C	E ÉNERGIE consacrée à la création de la force vive possédée par la charge soulevée
	kg	m	kg	watts	watts	watts	watts	watts	watts	watts
1re série I. .	10	× 0,025	= 0,25	= **2,5**	17,5	— (8,5	+ 11	— 4,5	= 15)	= **2,5**
II. .	20	× 0,025	= 0,50	= **5**	26	— (14	+ 11	— 4,5	= 20,5)	= **5,5**
III. .	30	× 0,025	= 0,75	= **7,5**	36,2	— (22,5	+ 11	— 4,5	= 29)	= **7,2**
IV. .	40	× 0,025	= 1,00	= **10**	49,2	— (32,15	+ 11	— 4,5	= 38,65)	= **10,35**
2e série I. .	10	× 0,025	= 0,25	= **2,5**	17,3	— (8,3	+ 10,8	— 4,5	= 14,6)	= **2,7**
II. .	10	× 0,050	= 0,50	= **5**	22,5	— (8,3	+ 13,5	— 4,5	= 17,3)	= **5,2**
III .	10	× 0,075	= 0,75	= **7,5**	29,5	— (8,3	+ 18	— 4,5	= 21,8)	= **7,7**
IV. .	10	× 0,100	= 1,00	= **10**	39	— (8,3	+ 25	— 4,5	= 28,8)	= **10,2**

(1) Chiffres un peu majorés, le kilogrammètre, pour simplifier, étant estimé valoir 10 watts.

» Conclusion. — Les expériences qui viennent d'être exposées justifient pleinement les propositions dont elles avaient servi à vérifier l'exactitude. Il en résulte que, dans les moteurs inanimés, comme dans les moteurs animés, l'énergie dépensée pendant les périodes d'activité se répartit entre plusieurs fonctions toutes également *nécessaires* à la production du travail positif résultant du soulèvement des charges. Chaque part de dépense appartenant respectivement à chacune de ces fonctions peut être aisément isolée, ce qui permet de se rendre compte des lois qui règlent le rendement vrai de la dépense énergétique totale en *travail mécanique*. »

calorifique du combustible employé est plus faible. La consommation par unité d'énergie produite se trouve donnée par

$$y = \frac{a}{x} + b$$

et représentée graphiquement par une hyperbole équilatère. Traçons cette hyperbole pour un moteur donné d'après les résultats des essais faits sous diverses charges.

D'autre part, le pouvoir calorifique du combustible étant connu, traçons les hyperboles équilatères correspondant à certains rendements thermiques, par exemple 12, 14, 15 et 16 p. 100. L'hyperbole correspondant au moteur essayé se trouvera comprise entre deux de ces dernières hyperboles et dès lors sa position fera connaître à moins d'un centième le rendement thermique du moteur.

Les rendements thermiques de tous les moteurs à comparer ayant été ainsi déterminée, il suffira alors, pour rendre la comparaison équitable, de dresser une échelle de récompenses, tenant compte à la fois du rendement thermique et de la puissance nominale du moteur [1].

Influence du voltage sur la formation de l'ozone, par **A. Chassy**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1298-1301.

L'auteur a montré dans une précédente note [2] que la loi qui exprime la manière dont progresse la richesse en ozone de l'oxygène soumis, pendant des durées croissantes, à l'influence de l'effluve, était la même quel que soit le voltage employé, pourvu qu'il restât constant pendant toutes les mesures constituant une série d'expériences. Dans celle-ci, il étudie l'influence de la grandeur du voltage sur la rapidité de formation de l'ozone.

Quand on soumet l'oxygène à l'effluve sous des différences de potentiel croissantes [1], on constate que l'on n'obtient d'abord pas d'ozone d'une façon bien sensible. A partir d'un certain voltage, variable avec les dimensions du tube ozoniseur, mais s'élevant toujours à plusieurs milliers de volts, l'ozone commence à se former. En continuant alors à augmenter lentement le potentiel, on constate que la puissance de l'appareil, au point de vue de la formation de l'ozone, augmente très rapidement.

Le voltage auquel l'ozone commence à se former d'une façon très appréciable est caractérisé par la formation d'effluves. Pour un voltage supérieur d'environ 40 p. 100 au précédent, la décharge se produit sous forme de pluie de feu. Il y a donc dans le phénomène deux phases qui vont justement servir à énoncer la loi de formation. Il faut remarquer, toutefois, que le passage de l'une à l'autre phase manque un peu de précision [2].

---

(1) Par exemple, au concours international de moteurs à pétrole de Meaux, en 1894, pour les machines d'une puissance de 4 chevaux, les récompenses étaient décernées sur les bases suivantes :

Méd. d'or . .	rend. therm.	au-dessus de 16 p. 100
» vermeil.	»	compris entre 15 et 16 p. 100
» argent .	»	» 14 et 15 »
» bronze .	»	» 12 et 14 »
Ment honor. .	»	au-dessous de 12 p. 100.

Cette manière de composer les moteurs explique que, dans certaines catégories de moteurs (de 2 chevaux à 6 chevaux par exemple), le jury, au concours international de 1892, a décerné une médaille d'or, deux médailles de vermeil, trois médailles d'argent, alors que, dans une autre catégorie, le meilleur des moteurs concurrents n'a pu recevoir qu'une médaille de vermeil.

(2) Chassy, *Comptes rendus*, t. CXXXIII, 1901, p. 789, *Écl. Élect.*, t. XXIX, p. 304, 23 nov. 1901.

(1) L'électromètre employé est un instrument composé de deux lames de 5 cm^2, distantes de 15 cm, et plongeant dans l'huile. Une de ces lames est fixe, et l'autre, qui est attirée par la première, est suspendue à un fil de torsion servant à équilibrer l'action électrique. A l'aide d'un microscope muni d'un micromètre, on peu viser un point de la lame mobile. Dans les limites indiquées par un voltmètre électrostatique de Hartmann et Braun, allant de 1000 à 12000 volts, la torsion dans cet électromètre était rigoureusement proportionnelle au carré de la différence de potentiel. M. Chassy admet qu'il en est de même pour les voltages supérieurs et se sert du voltmètre de comparaison pour déterminer la constante de son instrument. Comme source électrique, on utilise un alternateur de 50 périodes alimentant une grosse bobine de Ruhmkorff qui sert ainsi de transformateur à haute tension.

(2) Par suite de l'existence d'une concentration limite, l'effet d'une tension constante n'est pas poportionnel à sa durée. Il faut donc, pour comparer les différents voltages, chercher les durées produisant une même concentration. Il est plus commode de ne pas s'astreindre à réaliser expérimentalement cette condition et de se servir de la courbe correspondant au tableau contenu dans la note citée plus haut. On atteint la plus grande précision possible en prenant une durée de courant telle que la concentration de l'ozone produit soit faible, parce qu'alors l'effet du courant est presque proportionnel à sa durée, ce qui diminue les erreurs provenant de l'usage de la courbe considérée.

Pendant la seconde phase du phénomène, celle qui correspond à la pluie de feu, la loi obtenue est très simple et peut s'énoncer ainsi : *La puissance de production de l'ozone est proportionnelle au carré de la différence de potentiel efficace qui existe entre les armatures.* Quant à la constante de proportionnalité, elle dépend essentiellement des dimensions du tube à oxygène. Pendant la première phase, c'est-à-dire pour les voltages les plus faibles capables de produire de l'ozone, cette loi du carré n'existe plus [1].

Comme exemple d'une série d'expériences, M. Chassy donne la suivante, où il représente en valeur relative par P la puissance d'ozonification de la différence de potentiel efficace V, évaluée en milliers de volts. On prend comme unité d'action celle qui correspond dans l'appareil à 13 200 volts.

V.	9	9,18	9,54	10,1	11,18	11,82	12,5
P.	0	0,023	0,061	0,153	0,55	0,73	0,86
P'					0,72	0,80	0,89

V.	13,2	16,5	20,4	26,00	34,50	41
P.	1	1,58	2,40	3,70	6,70	9,90
P'	1	1,56	2,39	3,88	6,83	9,65

On voit que, dans cet exemple, la loi des carrés s'applique au-dessus de 12 000 volts efficaces, car les valeurs P' de la puissance d'ozonification, calculées en vertu de cette loi et en comparant toutes les tensions à 13 200 volts, coïncident à peu près avec P, à partir de cette limite inférieure. Il est probable que cette loi n'est pas empirique et qu'elle s'applique aux tensions supérieures à celles dont on disposait dans les expériences [1].

« [1] Désignons par A et B les effets de deux voltages a et b, a étant supposé plus petit que b. Posons

$$\frac{B}{A} = \left(\frac{b}{a}\right)^n$$

» L'exposant n, pendant la première phase, est variable et supérieur à 2. Il est d'autant plus grand que A et B sont plus voisins du voltage initial pour lequel le phénomène commence. J'ai bien essayé, pour cette phase, de représenter l'influence du voltage en fonction de la différence entre ce voltage et le voltage initial, mais je n'ai rien obtenu de simple. D'ailleurs, dans la loi que je considère comme rigoureuse pour la seconde phase, il s'agit bien du carré de la tension utilisée dans l'expérience et non du carré d'une différence de deux tensions. Il est difficile de saisir exactement à quel moment commence la loi du carré, puisque, pour les voltages inférieurs, leur puissance d'action s'en écarte d'une façon continue ; mais il est certain que cette loi s'applique ensuite indéfiniment pour les tensions de plus en plus fortes. »

Sur les propriétés électrocapillaires des bases organiques et de leurs sels, par **Gouy**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1305-1307.

Continuant ses recherches [2] l'auteur a étudié les bases organiques. Pour les bases fortes, aux dilutions faibles ou modérées, les courbes électrocapillaires de la base libre et de ses sels (sulfates, phosphates) sont peu différentes. Pour les bases faibles la courbe de la base libre a son maximum plus déprimé en général que la courbe de ses sels.

Sur les mouvements sismiques et les perturbations magnétiques du commencement de mai à la station d'Uccle (Belgique), par **Eug. Lagrange**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1325-1327.

L'auteur fait connaître les perturbations sismiques indiquées par le pendule horizontal triple de von Rebeur-Ehlert ainsi que les courbes de déclinaison magnétique relevées à la station d'Uccle. De leur comparaison l'auteur conclut qu'il ne paraît y avoir aucune relation entre les deux ordres de phénomènes.

[1] L'auteur ajoute :

« Il me semble que l'on doit concevoir de la façon suivante cette bizarrerie apparente d'une loi qui serait exacte et qui ne s'appliquerait pourtant pas dans toute l'étendue de l'échelle. Puisqu'on constate expérimentalement que la décharge ne commence nettement qu'à partir d'un certain voltage, il faut en conclure qu'il y a une résistance spéciale, une inertie inconnue du diélectrique, que je ne saurais définir, mais qu'il s'agit d'abord de vaincre et qui trouble, au commencement, l'expression mathématique du phénomène. Dès que la décharge est un peu intense, il faut admettre, pour expliquer la simplicité de la loi énoncée, que l'influence de cette inertie diminue de plus en plus pour devenir sensiblement nulle à partir d'une tension suffisante.

» Au point de vue du rendement, on devra toujours opérer avec des voltages supérieurs d'environ 40 p. 100 au voltage le plus faible commençant à former de l'ozone. Cette dernière tension est toujours facile à déterminer. Il est inutile d'opérer avec des tensions supérieures, si l'on considère seulement le point de vue qui nous occupe. La quantité d'ozone obtenue croît, en effet, d'une façon simplement proportionnelle à l'énergie débitée par la source électrique. »

[2] Voir *Écl. Élect.*, t. XXX, p. 145, 25 janvier 1902.

Le Gérant : C. **NAUD.**

Tome XXXII. Samedi 12 Juillet 1902. 9e Année. — N° 28.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

TRANSPORT D'ÉNERGIE SAINT-MAURICE-LAUSANNE

SYSTÈME THURY

La ville de Lausanne vient d'inaugurer, en mai dernier, un des plus importants transports d'énergie qui aient été réalisés suivant le système série imaginé par M. René Thury, l'une des sommités les plus connues du monde électrique industriel en même temps que l'une des plus modestes.

Les ingénieurs de la ville de Lausanne, et en particulier le sympathique professeur Palaz, ainsi que la Compagnie de l'Industrie Électrique de Genève ont bien voulu nous convier à l'inauguration officielle qui a eu lieu en présence de nombreux ingénieurs, représentants de la presse scientifique, et des personnalités suisses de Lausanne et de la commune de Saint-Maurice.

C'est le récit de notre visite technique que nous ferons ici, persuadé que les renseignements que nous avons recueillis intéresseront nos lecteurs.

La villede La usanne a acquis en 1898 la propriété des rapides du Bois-Noir, sur le Rhône, dont la puissance utilisable peut être évaluée à plus de 15 000 chevaux.

Ces rapides se trouvent près de la commune de Saint-Maurice, charmant petit bourg situé sur la ligne du Jura-Simplon et à une distance d'environ 56 km de Lausanne. Leur utilisation est destinée non seulement au transport de l'énergie électrique nécessaire à la ville de Lausanne, mais encore à différentes installations qui recevront prochainement un commencement d'exécution.

Pour le moment, le matériel électrique installé à Saint-Maurice est destiné presque uniquement à l'éclairage de Lausanne.

Une commission de cinq ingénieurs, parmi lesquels le professeur Palaz, fut nommée dès

le début pour examiner les différents projets présentés par les principales maisons de construction.

Parmi ces projets, celui de la Compagnie de l'Industrie Électrique de Genève, préconisant le système série à courant continu de M. Thury, présentait une telle économie sur le capital

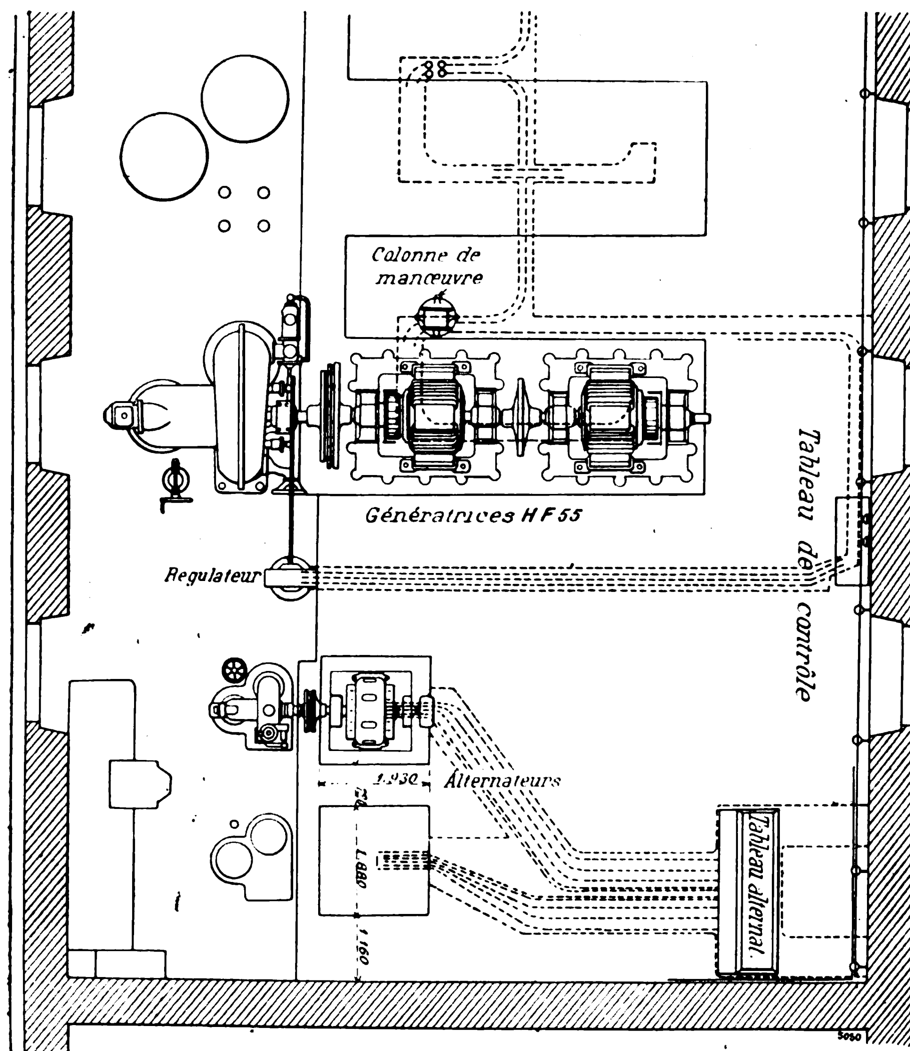


Fig. 1. — Plan de l'usine génératrice de Saint-Maurice.

de premier établissement, en même temps qu'une grande simplicité de construction et d'exploitation, qu'il fut préféré aux systèmes par courants polyphasés présentés par les autres constructeurs.

Le capital de premier établissement n'était en effet que de 7 365 000 fr pour le système Thury, tandis qu'il aurait atteint 8 105 000 fr pour l'utilisation par courants triphssés, soit une différence de 740 000 francs en faveur du continu.

Le projet Thury comportait évidemment l'utilisation également en courant continu avec batterie d'accumulateurs comme réserve; toutefois, pour des raisons complètement étrangères au côté technique, la ville de Lausanne, malgré l'avis de M. Palaz, a adopté la distribution en courants polyphasés.

Les travaux d'aménagement de l'usine ont été exécutés à Saint-Maurice par l'Entreprise des Forces Motrices du Rhône, et la partie électrique a été exécutée par la Compagnie de l'Industrie Électrique, sauf en ce qui concerne les génératrices triphasées de la station réceptrice et le tableau de distribution de cette même station.

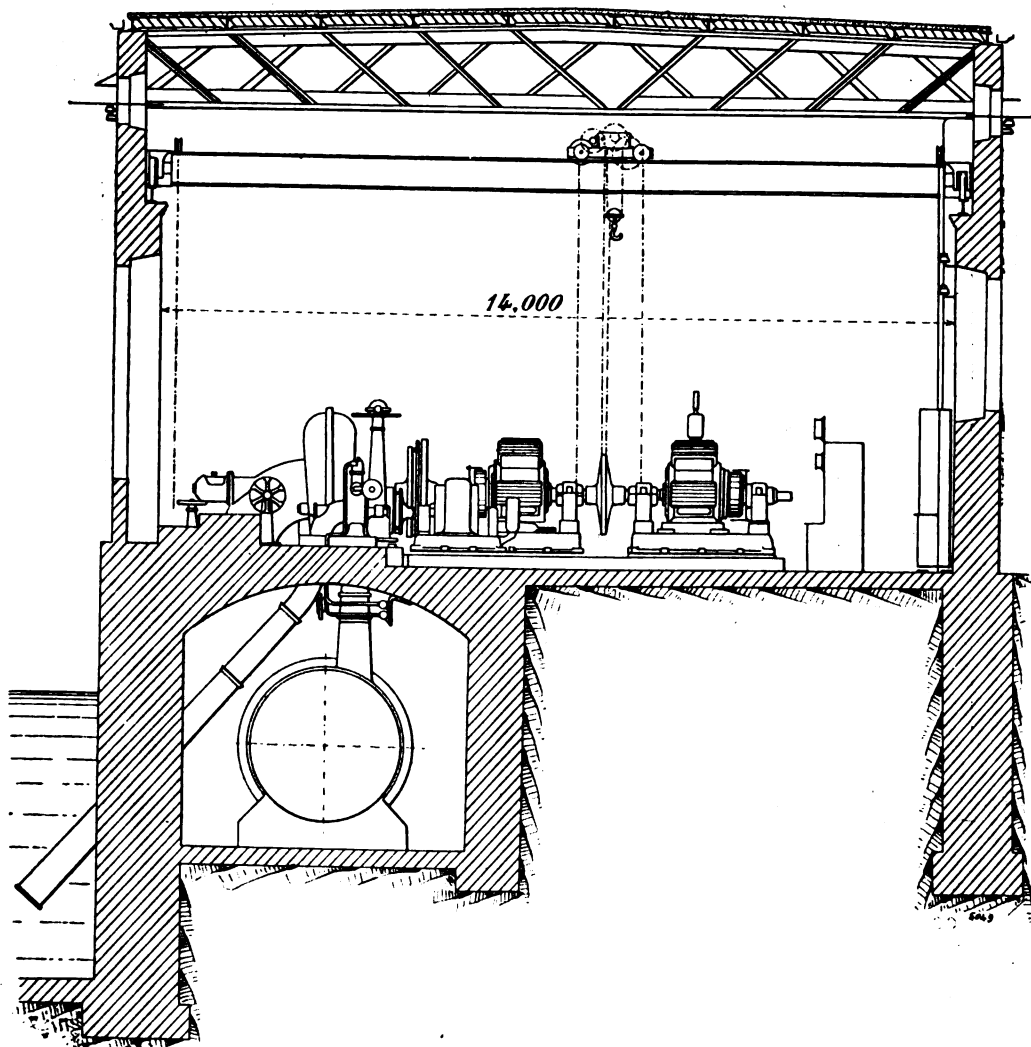


Fig. 2. — Coupe de l'usine génératrice de Saint-Maurice.

Nous allons examiner successivement les différentes parties de l'installation tant hydraulique qu'électrique, en insistant plus particulièrement sur cette dernière.

Aménagement de la chute et canal d'amenée

En ce qui concerne l'installation hydraulique : prise d'eau, barrage, canal d'amenée, réservoir de prise de charge, conduite, canal de fuite, etc, nous reproduisons les renseignements suivants qui nous ont été fournis par les ingénieurs de la ville de Lausanne.

Prise d'eau. — La prise d'eau est placée en amont des rapides du Bois-Noir, à la hauteur du village d'Evionnaz ; elle permet d'obtenir un niveau constant de 447,25 m au-dessus du

niveau de la mer ; la rentrée de l'eau dans le Rhône se faisant à la cote 408,50 en hiver et 410,80 en été, la chute brute est donc de 38,75 m en hiver et 36,45 en été.

L'eau ainsi captée passe dans un canal d'amenée et arrive au réservoir de prise de charge ; la perte du canal d'amenée est de 1/2 p. 100, la chute nette utilisable est par suite de 34,69 m en été et 36,10 m en hiver.

Barrage. — Le barrage, d'une longueur totale de 91,20 m, est divisé, par deux piles de 2,50 m de large, en trois travées inégales. Deux travées de rive formant : à droite, le débouché du canal d'amenée, à gauche un déversoir pour la régularisation du niveau de prise et une travée centrale de 48 m laissant entièrement libre le lit du fleuve.



Fig. 3. — Vue de l'usine génératrice de Saint-Maurice.

La travée centrale seule est pourvue d'une fermeture mobile s'appuyant sur un seuil en maçonnerie fixé dans le lit du Rhône.

La fermeture de la passe a lieu au moyen de vannes glissant dans des cadres, mobiles eux-mêmes autour d'un axe fixé à un pont supérieur, de sorte qu'on peut relever les vannes d'abord, puis les cadres, dans une position entièrement hors d'atteinte des objets flottants par les plus hautes eaux connues.

Canal d'amenée. — Le canal d'amenée a une longueur totale de 3 300 m ; il se divise en deux parties principales : le canal d'amenée supérieur avec un bassin de dépôt et le canal d'amenée inférieur.

Le canal d'amenée supérieur est à ciel ouvert ; il a 800 m de longueur, longe le Rhône dont il est séparé par une immense digue en maçonnerie ; cette digue est noyée pendant les hautes eaux d'été.

Le bassin de dépôt est destiné à dépouiller l'eau de ses sables et de la plus grande partie de ses limons avant de s'engager dans la dérivation ; il est d'une surface totale de 3 500 m² sur le radier.

Pour faciliter les dépôts et les chasses et pour avoir l'eau aussi claire que possible, le

fond du bassin est disposé en pente assez forte contre la vanne de chasse et la prise d'eau est située latéralement.

Le canal d'amenée inférieur est construit partie à ciel ouvert, partie en tunnel ; il passe sous la voie du Jura-Simplon, traverse le cône du Bois-Noir, passe sous les deux lits du torrent Saint-Barthélemy, sous la route cantonale et arrive au réservoir de prise de charge.

Réservoir de prise de charge. — Avant de lancer l'eau dans les tuyaux et les turbines, il est avantageux de la clarifier davantage. Le nouveau bassin prévu à la prise de charge sert en même temps, non de réserve précisément, mais de régulateur de niveau. Long de 230 m avec une largeur en gueule et une profondeur d'eau normale variant de 12 m et 3,20 m à

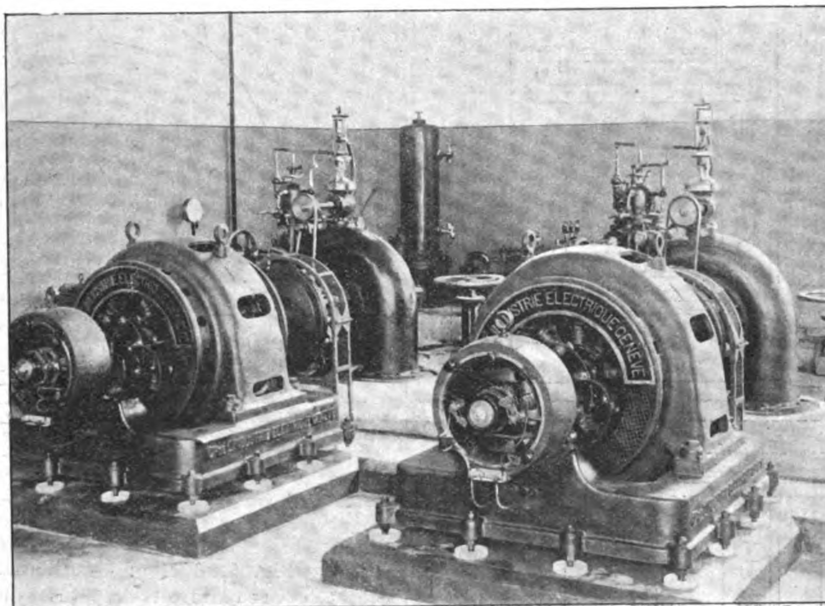


Fig. 4. — Groupe à courants alternatifs de l'usine génératrice de Saint-Maurice.

44 m et 5,50 m, il offre à l'eau des sections croissantes de 23,2 m à 180,2 m. Sa capacité est d'environ 14 000 m³, dont 12 000 seulement pourraient arriver aux turbines, le reste servant aux eaux troubles, aux dépôts et aux chasses.

Comme au dépotoir, l'eau en sortant subit une décantation ; elle doit franchir des seuils surélevés disposés de manière à arrêter les filets profonds et troubles, à dévier ces derniers et à les entraîner vers les orifices de chasse. La prise d'eau est faite pour les tuyaux à travers trois chambres séparées qui peuvent être isolées du réservoir par des vannes doubles.

A l'entrée des chambres se trouve une grille.

Conduite sous pression. — Il a été mis en place pour la première période de l'installation une seule conduite en tôle de 2,70 m de diamètre intérieur. Cette conduite est posée sur des piliers de maçonnerie, fondés sur sol résistant.

Décharge du trop-plein, vidanges et chasses. — Un canal de décharge suit la conduite sous pression jusqu'au passage du chemin de fer, puis il se dirige directement au Rhône avec des pentes de 2,7 à 5,2 p. 100.

Canal de fuite et rentrée au Rhône. — Cette partie n'a de particulier que la grande profondeur de la tranchée le long de la voie ferrée, mais les talus du déblai du canal sont

séparés des talus en remblai du chemin de fer par une banquette. Les revêtements du canal de fuite sont en pierres sèches.

Usine génératrice

Bâtiments. — L'usine génératrice comporte un bâtiment pour atelier et logement et la salle des machines pour deux groupes triphasés destinés à l'éclairage de Saint-Maurice

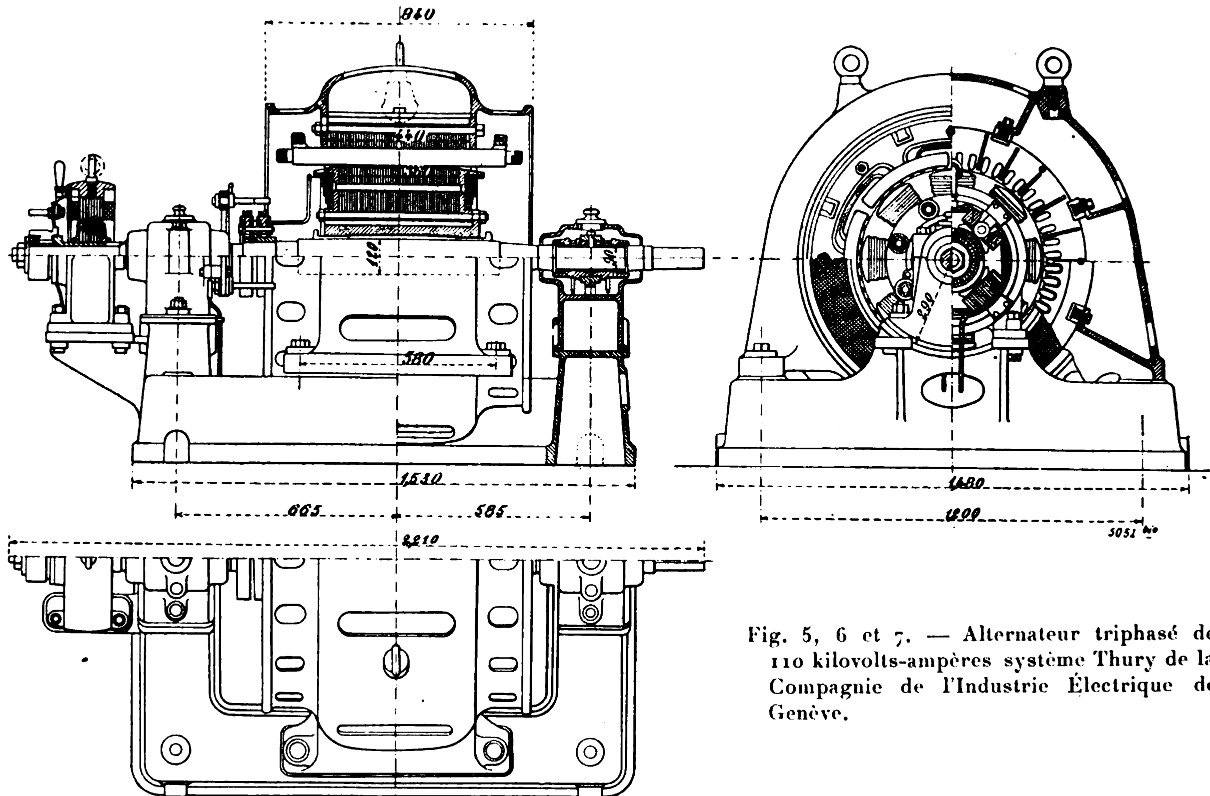


Fig. 5, 6 et 7. — Alternateur triphasé de 110 kilovolts-ampères système Thury de la Compagnie de l'Industrie Électrique de Genève.

et cinq groupes à courant continu. Les fondations du bâtiment ont été en outre prévues, du côté du canal de fuite, pour l'extension correspondant à une installation totale de 15 groupes de 1 000 chevaux en sus des deux groupes triphasés.

La toiture de la salle des machines est construite suivant le système Münch.

Dans le voisinage des dynamos à courant continu le sol de l'usine est recouvert d'une épaisse couche d'asphalte.

L'usine est représentée sur la photographie de la figure 3 qui en est une vue extérieure. Les figures 1 et 2 sont des vues en plan et en élévation.

Turbines. — L'installation comprend cinq turbines pouvant développer une puissance de 1 000 chevaux sur l'arbre, à 300 tours par minute, sous 32 m de chute utile, et deux turbines développant, sous la même chute, 150 chevaux à 750 tours par minute.

On a prévu un papillon pour chaque turbine, deux papillons de 2,70 m à l'entrée de la grande conduite dans l'usine et à son extrémité, et deux vannes de vidange.

Les turbines de 120 chevaux pour les alternateurs sont munies d'un régulateur automatique de vitesse ; les cinq turbines de 1 000 chevaux fonctionnent à vitesse variable ; la

vitesse des turbines est commandée par le régulateur électrique qui agit, par un arbre général, sur le servo-moteur de chaque turbine. Les 7 turbines sont du type Francis de MM. Escher, Wyss et Cie et à aspiration afin d'utiliser toute la chute disponible, quelles que soient les variations du niveau d'aval.

A la vitesse de 750 tours par minute les turbines des groupes triphasés développent une puissance de 120 chevaux avec un rendement de 75 p. 100; les turbines des groupes à courant continu développent une puissance de 1 000 chevaux avec le même rendement à la vitesse normale de 300 tours par minute.

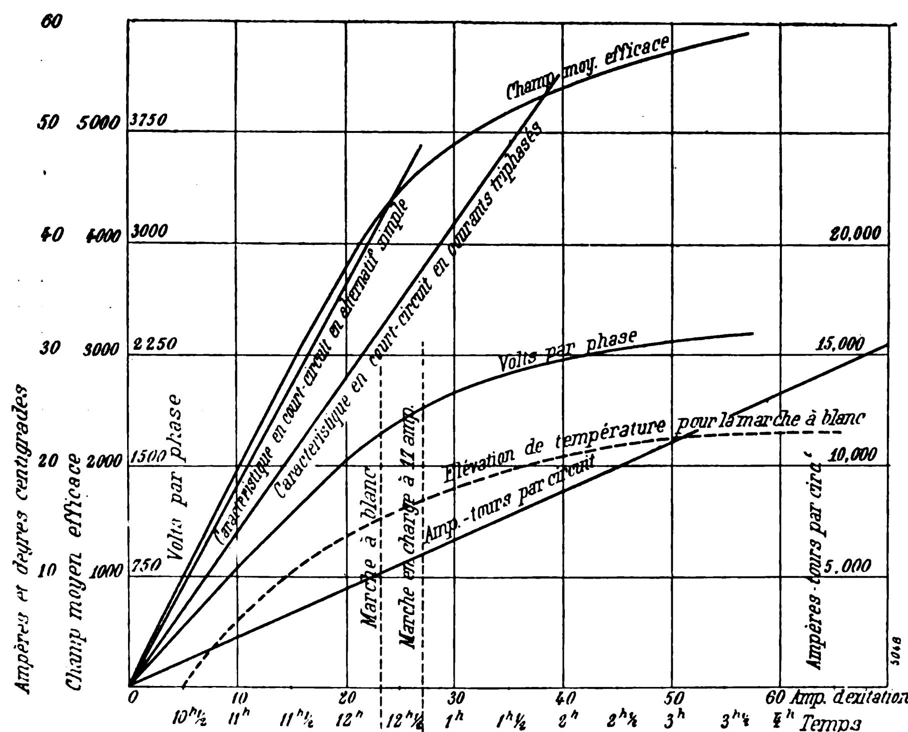


Fig. 8. — Caractéristiques d'un des alternateurs Thury de l'usine de Saint-Maurice.
Caractéristique à vide. Caractéristique en court-circuit. Courbe des températures à vide. Droite de correspondance des ampèretours au courant d'excitation.

Alternateurs. — Les alternateurs triphasés accouplés aux turbines de 150 chevaux (fig. 4) sont destinés, comme nous l'avons dit plus haut, à l'éclairage de Saint-Maurice situé à environ 3 km de l'usine génératrice.

Leur puissance apparente est de 110 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance de 0,9, ce qui correspond à une puissance utile de 100 kilowatts. La tension aux bornes est de 3 000 volts avec montage en étoile et le débit par phase de 21,2 ampères.

La vitesse angulaire est de 750 tours par minute et la fréquence, de 50 périodes par seconde.

Ces alternateurs sont d'un type analogue à celui exposé par la Compagnie de l'Industrie Électrique en 1900 à Paris.

L'inducteur mobile est constitué par une couronne en fonte d'acier (fig. 5, 6 et 7) portant deux flasques entre lesquelles sont serrés les 8 pôles inducteurs en tôles feuilletées.

Les épanouissements polaires sont arrondis (R = 15 cm) de façon à ce que l'entrefer

augmente depuis l'axe jusqu'à l'extrémité des cornes afin d'obtenir une courbe de tension sensiblement sinusoïdale.

Les bobines inductrices sont enroulées sur une carcasse et protégées du côté de l'entrefer par une bague en bronze retenue par l'épanouissement. Le fil inducteur est à section carrée, disposition permettant l'emploi d'une vitesse tangentielle assez élevée.

L'induit est fermé par une caisse en fonte munie de nombreuses ouvertures et portant des nervures radiales sur lesquelles s'appuient des clavettes guidant les tôles de l'induit.

Les tôles induites sont partagées en deux anneaux séparés par un intervalle de 10 mm environ et serrés, entre un disque venu de fonte rapporté, par les clavettes elles-mêmes dont les extrémités sont filetées.

Le noyau d'induit comporte 48 rainures partiellement fermées dans lesquelles sont logées les trois phases de l'enroulement induit.

L'excitation de chaque machine est fournie par une petite dynamo à 4 pôles montée sur l'arbre de chaque alternateur.

Nous résumons dans le tableau suivant les principales dimensions de ces machines :

Inducteurs.	
Nombre de pôles inducteurs	8
Diamètre de l'inducteur à l'extrémité des pièces polaires	57,4 cm
Vitesse périphérique	22,5 m : s
Nature du métal des pièces polaires	tôles
Longueur des pièces polaires suivant l'axe	40 cm
Forme des pièces polaires	rect. arrondies
Largeur des pièces polaires	15 cm
Surface des pièces polaires	600 cm²
Nature du métal des noyaux polaires	tôles
Forme de la section des noyaux polaires	rectangulaire
Longueur de la section des noyaux polaires	40 cm
Largeur de la section des noyaux polaires	8,5 cm
Section des noyaux polaires	340 cm²
Nature du métal de la carcasse inductrice	fonte d'acier
Nombre de bobines inductrices	8
Nombre de spires par bobine inductrice	110
Nombre de circuits inducteurs	1
Nature de l'enroulement inducteur	fil carré
Largeur du cuivre inducteur	4 mm
Épaisseur du cuivre inducteur	4 mm
Section du cuivre inducteur	15 mm²
Résistance du circuit inducteur entre bagues	1 ohm (17°)
Poids du cuivre inducteur	120 kg

Induit.	
Entrefer minimum simple	3 mm
Diamètre d'alésage de l'induit	58 cm
Hauteur radiale des tôles induites	13 cm
Largeur totale de l'induit	42 cm
Diamètre extérieur de la carcasse de l'induit	118 cm
Largeur totale de la carcasse de l'induit	84 cm
Nombre de perforations par pôle	6
Nature des perforations dans l'induit	rainures demi-fermées
Nature de l'enroulement induit	bobines
Nombre de bobines ou barres par phase	4
Groupement des bobines ou barres de chaque phase	en série
Nombre de spires par bobine	56
Nombre de conducteurs distincts par perforation	28
Nature des conducteurs induits	fil
Diamètre des conducteurs induits	2,8 mm
Section des conducteurs induits	6 mm²
Densité de courant dans l'induit	3,5 amp : mm²
Résistance de l'induit par phase	1,1 ohm (17°)
Poids du cuivre induit	60 kg
Poids du cuivre induit par kilovolt-ampère	0,545 kg

Poids total de l'alternateur, 3 800 kg.

Les alternateurs Thury sont caractérisés par une saturation assez faible et une chute de tension très petite. C'est ce que montrent les courbes de la figure 8 qui représentent les caractéristiques à vide et en court-circuit.

Le courant d'excitation pour obtenir la tension à vide est de 23,2 ampères et le courant d'excitation, correspondant au débit normal en court-circuit, de 11,2 ampères seulement. La chute de tension en charge avec le facteur de puissance normal (0,9) est donc assez faible et relativement petite pour un alternateur à inducteurs feuilletés.

Machines à courant continu. — Les dynamos à courant continu à haute tension sont au nombre de 10 couplées par deux sur chaque turbine de 1000 chevaux.

Les cinq groupes ainsi formés sont représentés sur la photographie de la figure 9. La figure 10 donne une vue d'un des groupes seul.

Les dynamos Thury de l'usine de Saint-Maurice sont capables chacune d'une puissance de 340 kilowatts, 150 ampères sous 2250 volts.

Ces dynamos, dont une figurait à l'Exposition de 1900, sont d'un type bien connu à 6 pôles.

La vitesse des génératrices à courant continu est variable suivant la charge ; elle est de 300 tours par minute à pleine charge.

Le système inducteur comporte 6 pièces polaires en acier, fortement épanouies et reliées entre elles par des plaques également en acier qui portent l'enroulement inducteur.

Toute la couronne inductrice repose sur le bâti sans isolement intermédiaire. La machine elle-même repose tout entière sur des isolateurs à double cloche scellés dans le béton d'asphalte qui forme le sol de l'usine.

L'enroulement série inducteur est réparti en 6 circuits montés en parallèle.

L'induit est enroulé en tambour série; il est isolé au mica et revêtu, après bobinage, d'une gaine isolante qui augmente naturellement les distances explosibles entre cette partie et les parties métalliques voisines.

Le collecteur, sur lequel portent 4 rangées de balais, est réuni à l'induit par des lamelles doubles de 50 mm² de section.

Nous donnerons plus loin quelques données principales de construction de ces machines.

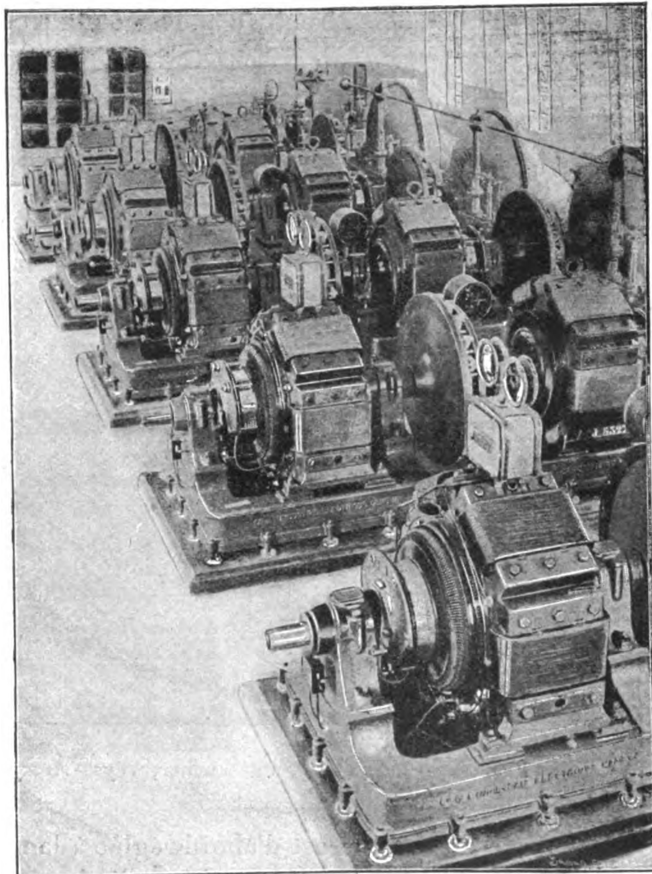


Fig. 9. — Vue générale de l'usine génératrice de Saint-Maurice.

La caractéristique à vide de l'une des dynamos génératrices de Saint-Maurice ainsi que la courbe du flux utile, sont représentées par la figure 11.

Toutes les génératrices ont subi un essai de tension poussé jusqu'à 3 700 volts fournis par la machine elle-même. La durée de cette épreuve était de 10 minutes, après quoi la machine était à nouveau excitée à la même tension de 3700 volts pendant 5 minutes, mais avec un des pôles à la masse.

L'isolement des différentes parties mesuré à une tension continue de 1 000 volts était supérieur à 10 mégohms.

Chaque groupe de 2 génératrices est relié en série et forme une unité unique; toutefois chaque machine est munie d'un interrupteur automatique de court-circuit en cas d'inversion dans le sens de rotation du groupe.

Chaque groupe comporte un ampèremètre et un voltmètre montés sur la carcasse inductrice de l'une des dynamos. Le tableau de distribution de chaque groupe est réduit à une simple colonne (fig. 12) renfermant un interrupteur de court-circuit qui permet de court-circuiter la canalisation générale en même temps que le groupe et d'isoler les dynamos du réseau.

La mise en service d'un groupe se fait très simplement; le groupe est mis lentement en vitesse par l'ouverture de la turbine et s'excite en court-circuit. Dès que le débit en court-circuit a atteint 150 ampères, le groupe est mis dans le circuit par la manœuvre de l'interrupteur de court-circuit, manœuvre qui se fait sans aucune étincelle.

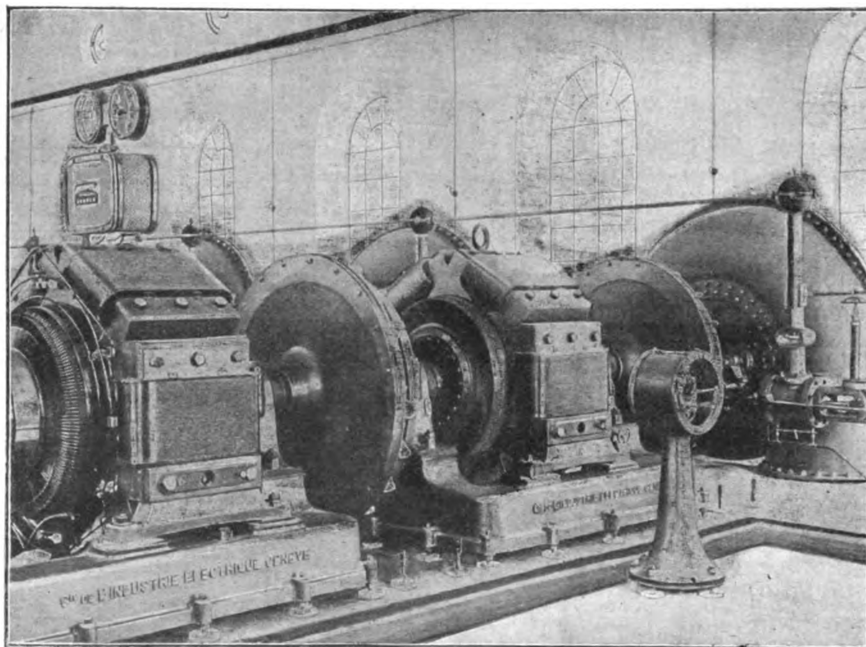


Fig. 10. — Vue d'un groupe Escher, Wyss-Thury de l'usine génératrice de Saint-Maurice.

La charge du groupe est d'abord réglée à la main, puis le réglage de la turbine est enclenché avec le régulateur général automatique.

Ce régulateur d'intensité (fig. 13) est du type bien connu de M. Thury et déjà décrit dans cette revue [1]. Il est actionné par un petit moteur alimenté par une dérivation du courant principal de la ligne. Ce petit moteur bipolaire tourne à la vitesse de 1 700 tours par minute en absorbant un courant de 50 ampères à vide et 60 ampères en charge, sous la tension de 2,3 à 2,4 volts qui est la tension d'équilibre du petit élément d'accumulateur branché en parallèle et qui forme réserve en cas d'interruption de la ligne.

Dans ce cas, l'électro d'arrêt laisse tomber son armature sur le levier d'encliquetage du régulateur qui se met dans la position « fermeture des turbines » et le petit moteur continue à tourner, alimenté par l'élément d'accumulateur.

L'arrêt d'un groupe se fait en fermant la turbine, qui s'arrête et part en sens contraire,

---

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXVI, p. 160, 2 février 1901.

entraînée par la dynamo fonctionnant comme moteur. L'interrupteur automatique met alors la dynamo en court-circuit.

Le tableau général de l'usine comprend simplement un ampèremètre, un voltmètre et les connexions de départ à la cabine des parafoudres.

En pratique, aucun des groupes ne marche au-dessous d'une tension de 1500 à 2000 volts, on retire un groupe de la ligne lorsque la tension descend au-dessous de cette valeur.

La vitesse des machines pour la marche en court-circuit à 150 ampères est de 6,82 tours par minute. Tous les câbles de connexions sont fortement isolés pour la tension de 25 000 volts et sont posés dans des tubes de grès vitrifié qui sont eux-mêmes encastrés dans le béton d'asphalte. L'isolement de la canalisation mesuré à 25000 volts avec une petite dynamo à courant continu dont nous parlerons plus loin s'est montré parfait.

Le schéma général des connexions de l'usine génératrice de Saint-Maurice est représenté sur la figure 14.

Parafoudres. — Les parafoudres de l'usine de Saint-Maurice sont disposés dans une cabine spéciale en dehors de l'usine.

Chaque pôle est muni d'un poste de parafoudres qui se compose de trois parafoudres à bras en parallèle et d'un parafoudre à poudre du nouveau système, breveté par la Compagnie l'Industrie Électrique.

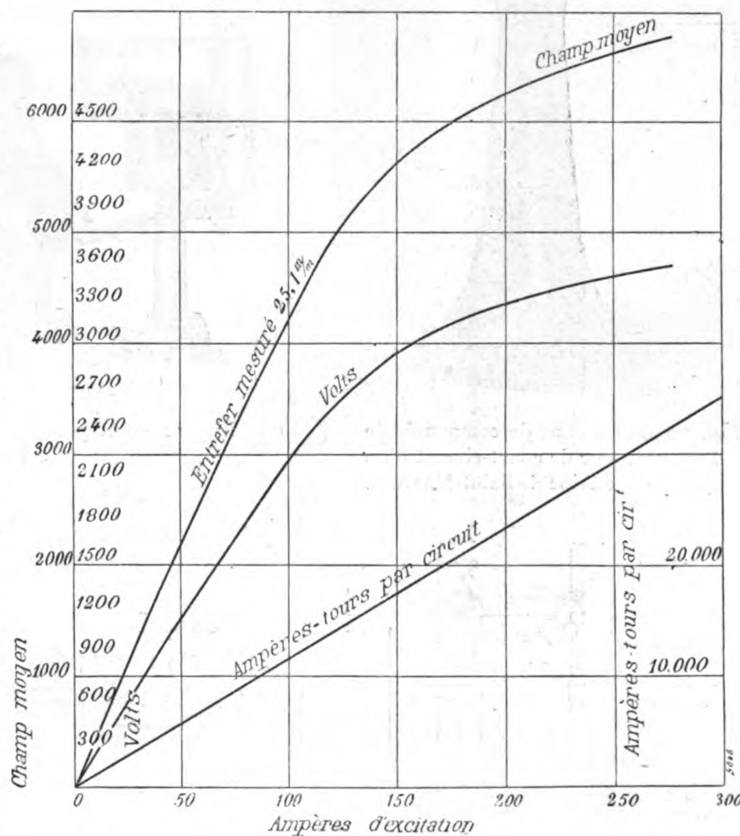


Fig. 11. — Caractéristique à vide et courbe du flux utile d'une dynamo génératrice Thury de 340 kilowatts.

Les parafoudres à bras de M. Thury (fig. 15 et 16) coupent automatiquement l'arc dès qu'une décharge se produit. A ce moment, le courant passe dans un électro-aimant qui attire violemment le bras mobile, qui est en aluminium de façon à présenter une inertie très faible et qui rompt l'arc. Celui-ci une fois rompu, le bras revient automatiquement en place et l'appareil se trouve de nouveau prêt à fonctionner pour une nouvelle décharge.

Dans le but d'amortir l'effet du court-circuit sur les machines, M. Thury dispose sur le fil de terre une résistance sans induction formée par 4 cylindres de charbons spéciaux montés en série et d'une résistance totale de 200 ohms.

Plusieurs parafoudres doivent toujours être mis en parallèle de façon à éviter les interruptions dans la protection.

Les parafoudres précédents, comme tous les parafoudres connus du même genre également, ont pour inconvénient de former un arc. La Compagnie de l'Industrie Électrique a



Fig. 12. — Colonne de commande de l'interrupteur de court-circuit d'un groupe de l'usine de Saint-Maurice.

imaginé un appareil qui évite la formation de l'arc et qui lui a donné l'été dernier des résultats remarquables sur des lignes à haute tension où il avait été placé à titre d'essai.

Cet appareil représenté en état de marche sur la figure 17 se compose d'un tube renfermant une poudre spéciale. Au moment d'un coup de foudre, il oppose une résistance in-

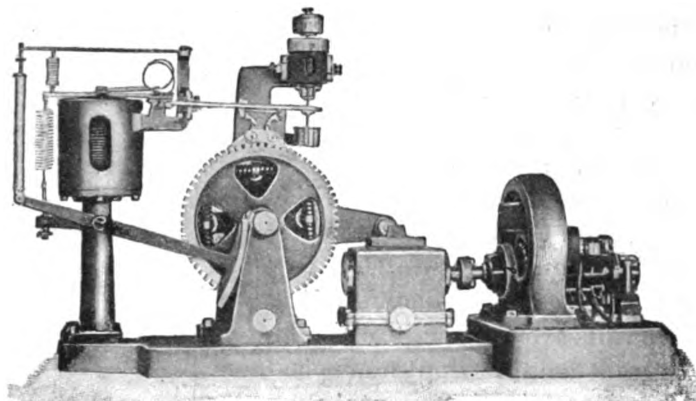


Fig. 13. — Régulateur automatique de courant système Thury à l'usine de Saint-Maurice.

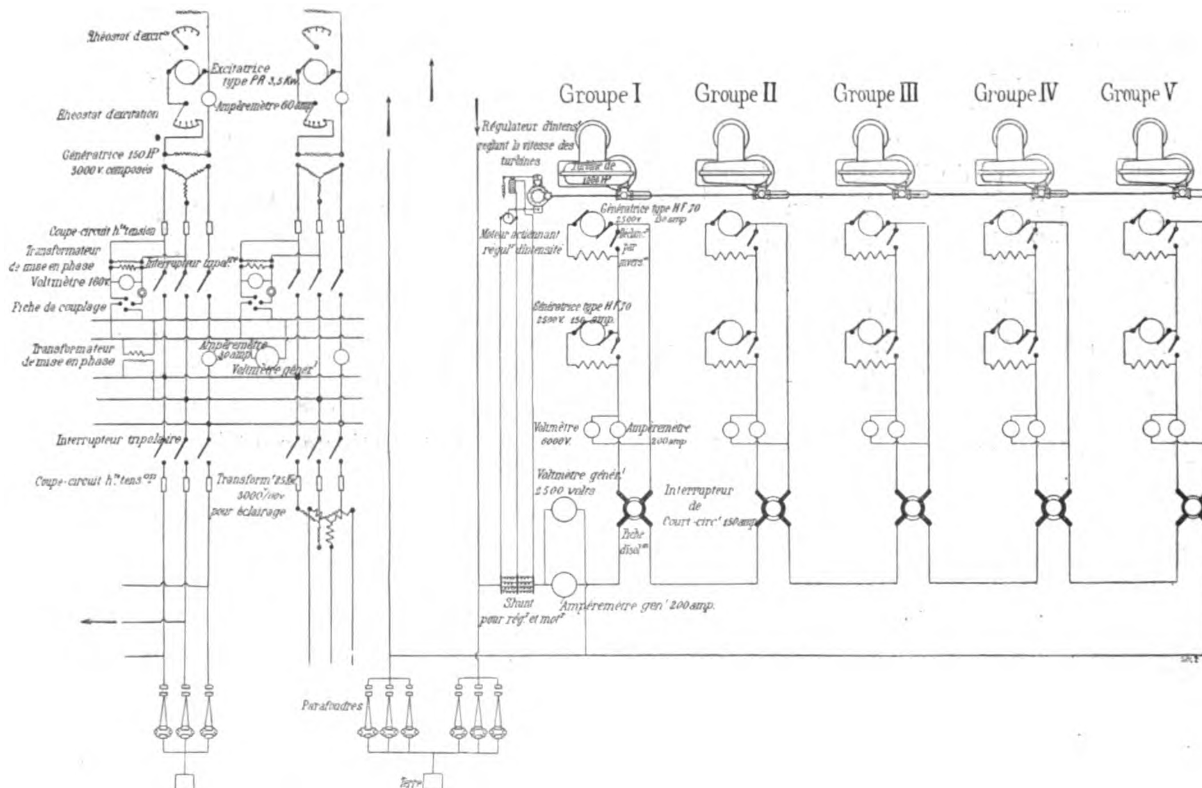


Fig. 14. — Schéma général des connexions de l'usine génératrice de Saint-Maurice.

franchissable au courant de l'installation à protéger, mais laisse passer avec la plus grande facilité les courants à très haut potentiel des décharges atmosphériques.

Cet appareil peut donc fonctionner constamment, et, sauf le cas de décharges tout à fait exceptionnelles et directes, sa durée est illimitée. Pour ces cas exceptionnels, on place en série avec le tube parafoudre un fusible qui fond en cas d'accident de ce dernier et met ainsi automatiquement l'appareil hors circuit.

D'autre part, comme il ne présente aucun point d'interruption avec la terre, il fonctionne utilement non seulement en cas de décharges atmosphériques ou statiques, comme les parafoudres ordinaires, mais en soutirant encore les effluves électriques se trouvant dans le voisinage plus ou moins immédiat des lignes à protéger, en permettant aux courants de s'écouler constamment dans le sol.

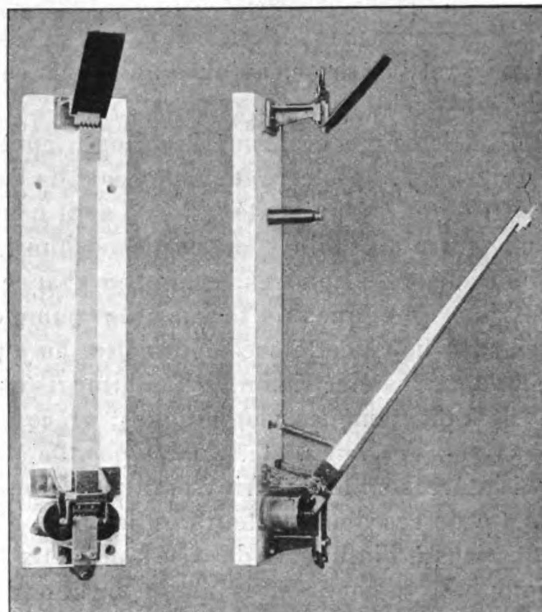
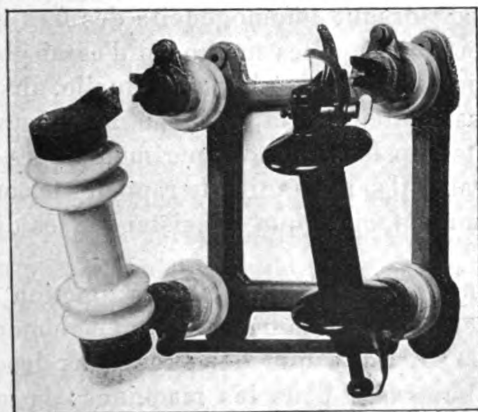


Fig. 15. — Parafoudre à bras Thury de la Compagnie l'Industrie Électrique de Genève.

En dehors du premier poste de parafoudres installé à Saint-Maurice, il est probable que plus tard, comme cela a déjà été fait à la station réceptrice, on y ajoutera une deuxième série de 3 parafoudres à bras en parallèle qui seront montés à côté des premiers et deux parafoudres à poudre.



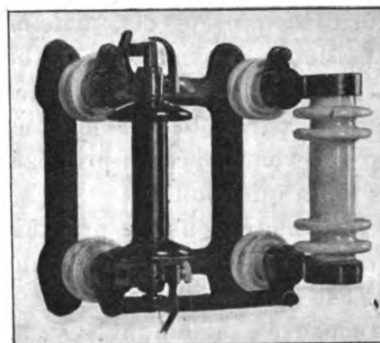


Fig. 16 et 17. — Parafoudre à poudre et fusible Thury de la Compagnie l'Industrie Électrique de Genève.

(*A suivre.*)

C.-F. Guilbert.

NOUVEAUX PERMÉAMÈTRES

Les essais magnétiques des fers, après avoir été longtemps négligés dans l'industrie, paraissent intéreser, aujourd'hui, tous ceux qui, à un titre quelconque, ont à s'occuper d'électrotechnique.

L'Allemagne et l'Amérique ont, après discussion, édicté des procédés d'essais uniformes. En Angleterre, dans le cours de l'année dernière seulement, trois nouveaux perméamètres ont été présentés, — ce sont ceux-ci qui justifient le titre de cette étude, comme on le verra plus loin — et des discussions intéressantes ont eu lieu à l'Institut des ingénieurs électriciens de Londres. Enfin, en France, la Société des Électriciens vient de mettre les essais magnétiques du fer au programme de ses études [1] ; il est certain que la discussion qui aura lieu à cette occasion mettra au jour des considérations pratiques fort intéressantes, dont tous les électriciens et métallurgistes pourront tirer un bon parti.

Les phénomènes magnétiques, grâce aux beaux travaux de quelques physiciens : Ewing, Du Bois, Warburg, etc., commencent à être assez bien connus. Les grandeurs magnétiques qui intéressent l'industrie : l'induction $\mathfrak{B}$ en fonction du champ magnétisant $\mathfrak{H}$, ou le rapport μ de ces deux vecteurs, et la perte d'énergie causée par l'hystérésis, sont en réalité soumises à l'influence de très nombreux facteurs, mais on peut se placer dans des conditions pratiquement suffisantes pour obtenir des mesures relatives fort utiles.

Il ne faut pas oublier que le fer est, de tous les métaux employés dans l'électrotechnique, le moins homogène ; les différences entre deux échantillons sont considérables et, dans un seul échantillon, les propriétés magnétiques varient d'un point à un autre. Le problème industriel à résoudre consiste donc d'abord à déterminer les conditions nécessaires et suffisantes pour obtenir des mesures nombreuses, rapides et faciles, plutôt que des mesures rigoureusement exactes. Plus tard, lorsque l'homogénéité des fers et aciers sera devenue plus parfaite, on aura intérêt à perfectionner les méthodes d'essai pour obtenir des résultats plus précis, mais cette précision paraît être, à l'heure actuelle, absolument inutile ; d'ailleurs, il existe des méthodes qui, sans atteindre la précision des mesures électriques ordinaires, donnent d'excellents résultats dans les mains d'expérimentateurs exercés.

2. Avant de parler des perméamètres nouveaux, il semble utile de rappeler les méthodes et les appareils employés ou proposés précédemment, ainsi que d'insister sur les difficultés pratiques de la question.

Pour les électriciens, le problème se résume toujours à connaître la fonction qui unit $\mathfrak{B}$ et $\mathfrak{H}$, chacun de ces vecteurs étant invariablement lié à l'autre et n'ayant isolément aucun intérêt. Il est relativement facile de connaître $\mathfrak{B}$; il n'y a que deux cas dans lesquels $\mathfrak{H}$ peut être mesuré exactement ! Or, $\mathfrak{H}$ est très important dans les machines : la masse de cuivre à employer en dépend. Il résulte de ceci qu'il n'y a que deux méthodes théoriquement exactes pour la mesure du fer : celles dans lesquelles la valeur de $\mathfrak{H}$ peut être calculée exactement. Ce calcul ne peut être effectué que pour les barreaux droits très longs, dans lesquels la longueur est égale au moins à 300 ou 500 fois le diamètre, et pour les anneaux.

Avec les barreaux droits on emploie la *méthode du magnétomètre*, qui donne la mesure du *moment magnétique* du barreau, d'où l'on déduit l'induction $\mathfrak{B}$ par la formule connue :

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{H} + 4\pi\mathfrak{I}.$$

[1] Voir dans *L'Éclairage Électrique* du 17 mai 1902, t. XXXI, p. 266, le rapport présenté par M. Armagnat. — Rappelons aussi que l'Association amicale des Ingénieurs électriciens a mis au concours l'étude de l'hystérésis magnétique (*Éclairage Électrique*, t. XXXI, p. IV, 5 avril 1902).

$\mathcal{J}$, intensité d'aimantation; le champ magnétisant $\mathcal{H}$ est donné, en fonction de l'intensité du courant I, du nombre de tours N et de la longueur l de la bobine, par :

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi NI}{l}.$$

La méthode du magnétomètre exige que le champ magnétique ambiant soit très constant, condition que l'on ne rencontre jamais dans l'industrie, aussi cette méthode est-elle à peu près abandonnée.

On peut se servir du barreau droit dans la méthode balistique, mais la condition de rapport de la longueur au diamètre, qui est nécessaire pour éviter l'action démagnétisante des extrémités, fait que l'on préfère généralement mettre l'échantillon sous forme d'anneau, de diamètre relativement grand par rapport à sa largeur. La méthode balistique exige l'emploi de deux galvanomètres étalonnés, l'un pour mesurer $\mathcal{B}$, l'autre pour mesurer $\mathcal{H}$; les erreurs de lecture et d'étalonnage de ces deux appareils limitent la précision de la méthode, qui est cependant la plus exacte que l'on puisse employer couramment.

La difficulté d'enrouler les bobines, magnétisante et induite, sur chaque anneau d'essai, a conduit à l'emploi d'appareils dans lesquels l'échantillon a la forme d'un barreau droit dont les extrémités sont réunies par un bloc de fer doux de très grande section — Hopkinson — ; la bobine magnétisante et la bobine induite sont alors construites une fois pour toutes et l'opération est simplifiée. La présence du *bloc de fer* exige une correction sur la valeur calculée de $\mathcal{H}$ et les *joints*, entre les barreaux et le bloc, introduisent une cause d'erreur analogue à celle que l'on trouve dans les *perméamètres industriels*, de sorte que la précision de la méthode devient fictive ; dès lors, il vaut mieux simplifier encore la mesure en faisant usage de ces derniers appareils.

La force attractive qui s'exerce entre les parties d'un circuit magnétique est, comme on le sait, proportionnelle au carré de $\mathcal{B}$ et peut servir à la mesure de ce vecteur ; il suffit de donner au circuit magnétique une forme qui permette le calcul de $\mathcal{H}$. Les premiers perméamètres industriels ont été basés sur ce principe qui est encore employé aujourd'hui. — Sylvanus Thompson, Du Bois, Ewing. — Cette méthode, très simple en théorie, présente en pratique l'inconvénient de donner des erreurs considérables, dues surtout aux joints et particulièrement à celui sur lequel s'exerce la force attractive.

La mesure de la perméabilité d'un échantillon de fer, par comparaison avec un autre échantillon préalablement étudié, a été essayée d'abord par Edison, reprise par Eickemeyer et Ewing en dernier lieu ; celui-ci a réalisé un appareil qui donne de bons résultats, bien qu'il soit d'un maniement assez délicat. Les appareils de cette catégorie renferment tous un *bloc de fer* et des *joints.*

Dans beaucoup d'autres appareils, le barreau d'essai est placé dans un bloc de fer qui entoure la bobine magnétisante et une coupure, pratiquée dans le circuit magnétique, permet de mesurer le flux et, par suite, l'induction $\mathcal{B}$ à laquelle le barreau est soumis. L'organe de mesure du flux peut être une spirale de bismuth — Bruger-Hartmann — ; on emploie aussi la force attractive entre les deux faces de l'entrefer — Du Bois —, la déviation d'un cadre mobile placé dans l'entrefer et parcouru par un courant constant, — Koepsel — ou la déviation d'une aiguille aimantée — Carpentier.

On emploie quelquefois aussi les courants alternatifs à la mesure des perméabilités, en observant la force électromotrice induite dans une bobine d'exploration par un courant primaire connu. Cette méthode dérive de la méthode balistique, la déviation permanente d'un électromètre étant substituée à l'élongation du galvanomètre balistique. Indépendam-

ment des défauts inhérents à la méthode balistique, celle-ci présente l'inconvénient que les résultats dépendent de la *forme* presque toujours inconnue du courant.

3. Quelle que soit la méthode employée, la mesure de $\mathcal{H}$ repose sur la connaissance de la longueur réelle du circuit magnétique et sur sa composition. Si le circuit est hétérogène et de section variable, on peut calculer la valeur réelle de $\mathcal{H}$ en écrivant l'équation habituelle

$$4\pi NI = \mathcal{B} S \left(\frac{l}{\mu S} + \frac{l'}{\mu' S'} + \frac{l''}{\mu'' S''} + \ldots\ldots \right),$$

$\mathcal{B}$S étant le flux total, supposé constant car les fuites doivent être évitées.

Les facteurs $\mathcal{B}$, S, l et μ étant relatifs à l'échantillon étudié, pour connaître la valeur du champ magnétisant $\mathcal{H}$, il suffit de se rappeler que :

$$\mathcal{H} = \frac{\mathcal{B}}{\mu}.$$

on obtient alors :

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi NI}{l} - \left[\left(\frac{l'}{\mu' S'} + \frac{l''}{\mu' S''} + \ldots\ldots \right) \frac{\mathcal{B} S}{l} \right] = \frac{4\pi NI}{l} - c; \qquad (1)$$

Le terme entre crochets représente la correction qu'il faut faire subir à $\mathcal{H}$ calculé d'après l'intensité, pour obtenir la valeur réelle du champ magnétisant qui agit sur l'échantillon. Ce terme de correction est une fonction constante de $\mathcal{B}$, qui renferme la réluctance de toutes les parties fixes du circuit magnétique : bloc de fer, entrefer et joints. Quand on connaît les dimensions et la perméabilité de ces parties, on peut calculer le terme de correction; plus souvent, on le détermine expérimentalement, ce qui offre, en apparence, l'avantage de tenir compte des fuites magnétiques et des joints ; malheureusement cette détermination expérimentale n'est pas assez sûre pour ne pas laisser place à des erreurs plus grandes que celles dues aux fuites.

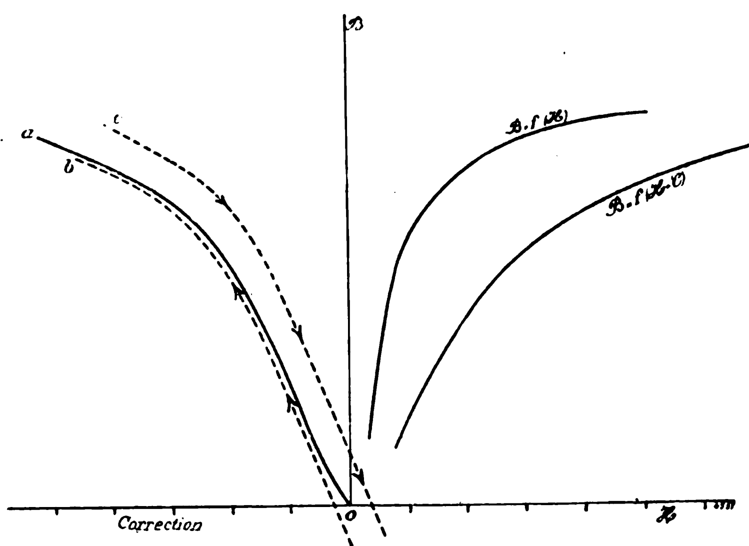


Fig. 1. — Courbe de correction des perméamètres.

La mesure de $\mathcal{H}$ étant ainsi obtenue par *différence*, il y a intérêt à faire ce terme de correction aussi petit que possible, de façon à réduire l'erreur commise sur $\mathcal{H}$. Le terme de correction en fonction de $\mathcal{B}$ est une ligne presque droite, le bloc de fer étant toujours très loin de la saturation. On trace généralement la ligne qui représente $\mathcal{B}$ en fonction de la correction, à gauche de l'axe des $\mathcal{B}$, de sorte qu'il suffit de tracer la courbe $\mathcal{B} = f(\mathcal{H})$ en partant de cette ligne pour obtenir la relation réelle, *a* fig. 1.

Certains auteurs donnent la courbe de correction pour la branche ascendante du cycle, *b* fig. 1, et pour la branche descendante, *c* fig. 1. Cette manière de procéder est discutable;

elle serait admissible, à la rigueur, si l'on opérait toujours dans le même cycle, mais elle ne peut pas être valable pour toutes les grandeurs de cycles possibles — cette grandeur étant définie, comme toujours, par l'induction maximum atteinte. — D'ailleurs, il ne semble pas très intéressant de tracer le cycle complet d'un fer essayé au perméamètre, car la mesure de l'hystérésis que l'on peut déduire de l'aire du cycle mesuré n'est pas absolue, elle n'est que relative. Lorsqu'on soumet un échantillon de fer placé dans un perméamètre à un cycle magnétique complet, l'hystérésis totale comprend la partie relative à l'échantillon et la part relative au bloc ; si l'on a préalablement déterminé cette dernière pour le cycle considéré, il est facile d'obtenir la première par différence, mais la mesure de l'hystérésis du bloc est extrêmement difficile. De plus, le circuit magnétique n'étant pas homogène, il subsiste une faible force démagnétisante qui enlève aux résultats concernant l'hystérésis toute *valeur absolue*. Ces résultats restent néanmoins comparables entre eux et peuvent servir à *classer* les échantillons au point de vue de l'hystérésis. La méthode qui consiste à tracer le cycle complet est d'ailleurs d'un emploi trop long pour les essais industriels, il vaut mieux avoir recours aux hystérésimètres.

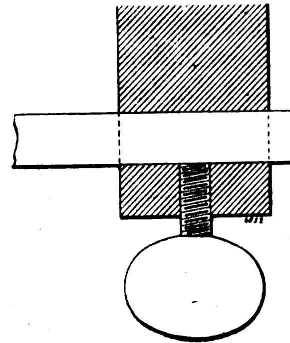


Fig. 2. — Joint latéral.

4. La grande difficulté de la question des perméamètres réside dans les joints. Le terme de correction peut assez facilement être calculé, ou déterminé expérimentalement pour tout ce qui se rapporte aux parties constantes du circuit magnétique, mais pour fermer le circuit, il faut établir une liaison entre l'échantillon et le bloc de fer et cette liaison exige un soin extrême, faute de quoi on introduit dans le terme entre crochets de (1) une variable dont l'importance peut être capitale. Remarquons que ce terme *s'ajoute* toujours de sorte que la valeur de $\mathcal{H}$ mesurée est toujours plus grande qu'elle n'est réellement, autrement dit la perméabilité mesurée est toujours plus faible que la perméabilité réelle.

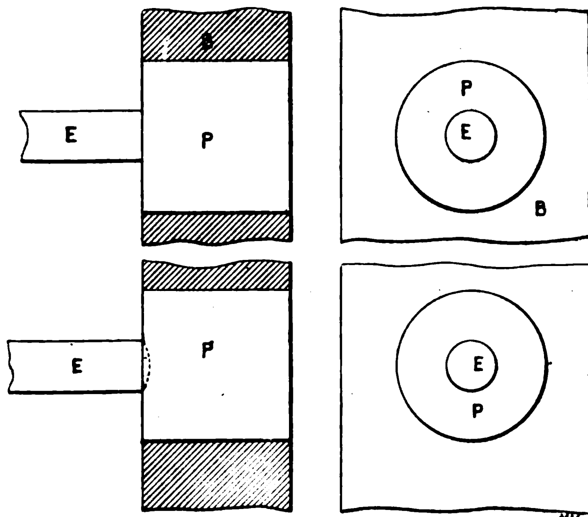


Fig. 3. — Joints en bout.

Dans les perméamètres industriels le problème à résoudre consiste à chercher la forme de joint dont l'exécution présente le moins de difficultés, tout en offrant le plus de garanties pour la précision des résultats. Dans l'état actuel, il est difficile de dire quelle est la meilleure forme, il n'y a qu'à rappeler les dispositions employées.

Pour les fers pleins : fonte, acier coulé, fer forgé, la forme la plus simple de l'échantillon est évidemment celle du barreau cylindrique. Les joints peuvent être faits de deux façons : soit en perçant le bloc de trous de diamètre convenable et en tournant l'échantillon au diamètre exact du trou, soit en dressant les surfaces terminales et en les appliquant, *en bout*, sur des pièces de plus grandes dimensions, soigneusement ajustées dans le bloc.

La première disposition (fig. 2) paraît plus simple et elle a l'avantage d'offrir une *surface de joint* plus grande que la section de la barre. Cependant, comme il est nécessaire d'obte-

nir un contact aussi parfait que possible, on est obligé de serrer le barreau dans son logement au moyen de vis de pression et, comme celui-ci est rarement ajusté avec une précision suffisante, le contact réel peut n'exister que sur des points relativement peu étendus, de sorte que, la saturation se produisant en ces points, le flux cherche une autre voie ; il résulte de ceci que la longueur effective du barreau essayé peut varier avec l'induction, ce qui *déforme* la courbe. Cette disposition est employée dans les perméamètres de Bruger, Koepsel, Hopkinson, Ewing.

Dans la deuxième disposition (fig. 3), on multiplie les joints et on réduit la surface de contact du barreau ; mais il faut remarquer que les joints entre les pistons P et le bloc B sont faits par le constructeur, qu'ils sont ajustés avec toute la précision désirable et que leur surface est très grande. Les joints en bout, entre le barreau E et le piston P, peuvent être plats — perméamètre Carpentier modifié — ou sphériques — balance de Du Bois. — La mobilité des pistons permet de les appliquer exactement contre le bout des barreaux ; il faut, au début de l'essai de chaque échantillon, faire et défaire le contact pour chercher la position qui donne les meilleurs résultats.

Dans les perméamètres à arrachement, on retrouve aussi le contact en bout, mais sans piston mobile. La perfection du joint produit ici l'effet ordinaire sur la mesure de $\mathcal{H}$ et, de plus, la distribution inégale du flux peut produire des erreurs dans la mesure de $\mathcal{B}$.

Pour les tôles, bien qu'on ait fait jusqu'ici très peu d'essais avec les perméamètres, il semble que c'est le joint en bout qui est susceptible de donner les meilleurs résultats, à condition toutefois que le faisceau de tôles essayé soit tenu bien serré et rigide. Il faut remarquer d'ailleurs que le joint latéral ne peut s'effectuer que sur la *tranche* des tôles, les surfaces étant beaucoup trop irrégulières et toujours couvertes d'oxydes de faible perméabilité.

5. L'étalonnage des perméamètres comprend, en général, deux opérations : graduation de l'appareil en fonction de $\mathcal{B}$, ou de μ, selon le principe adopté, et détermination du terme de correction sur la valeur de $\mathcal{H}$ calculée d'après les ampèretours de la bobine magnétisante.

La première opération n'offre aucune difficulté, soit que la valeur de $\mathcal{B}$ s'obtienne en fonction des données géométriques et mécaniques de l'appareil, soit que, au moyen d'un deuxième enroulement, réservé sur la bobine magnétisante, on mesure $\mathcal{B}$ au moyen du galvanomètre balistique.

La seconde partie est plus délicate et plus discutable dans ses résultats. Dans quelques cas seulement la mesure exacte des dimensions de l'entrefer et du bloc de fer peut être faite ; on peut, si l'on connait en outre la perméabilité du bloc pour les faibles inductions, calculer le terme de correction. Plus souvent, cette mesure est indécise et il faut mesurer expérimentalement cette correction, en plaçant dans l'appareil un barreau étudié par d'autres méthodes et en observant la différence des ampères-tours, nécessaires pour obtenir une induction déterminée, avec les ampèretours calculés d'après l'essai préalable ; c'est en résumé l'opération inverse de celle de la figure 1. Ce moyen ne fait en réalité que déplacer la difficulté, car il faut alors déterminer la courbe complète $\mathcal{B} = f(\mathcal{H})$ pour un barreau droit de faible longueur, ce qui est assez délicat.

Une première solution de ce problème consiste à prendre l'échantillon dans une longue barre de fer homogène et à étudier cette barre au magnétomètre. Afin d'éviter la modification que le travail de sciage et de dressage des bouts peut apporter au barreau, on peut aussi préparer cet échantillon complètement et l'étudier ensuite au magnétomètre, *en tenant compte, par le calcul, de la force démagnétisante des extrémités ;* cette der-

nière méthode est, à très peu près, celle qui est employée au Reichsanstalt de Berlin.

Une seconde solution, plus exacte en apparence, consiste à étudier ensemble deux morceaux du même barreau, au moyen de la *méthode du joug* d'Ewing. On sait que, dans cette méthode, deux barreaux parallèles sont enveloppés chacun d'une bobine magnétisante et réunis à leurs extrémités par deux blocs, ou *jougs*, de fer. Si, après avoir étudié, par la méthode balistique, les deux barreaux, on modifie leur longueur en approchant ou éloignant les deux jougs, la variation de la force magnétomotrice, nécessaire pour amener le flux à la même valeur, représente uniquement ce qui correspond à la différence de longueur des barreaux, puisque tout le reste : jougs et joints, est semblable à la première expérience (fig. 4). Cette méthode est, théoriquement, parfaite, mais, en pratique, il est difficile de faire en sorte que les joints restent rigoureusement comparables à eux-mêmes et les petites différences qui se produisent peuvent amener de grosses erreurs dans les résultats. Le barreau type, une fois étalonné, doit être étudié dans le perméamètre où de nouvelles erreurs peuvent se produire. On voit par là que les perméamètres, bien que fournissant des résultats *relatifs* très utiles pour l'industrie, présentent au point de vue absolu, de nombreuses causes d'erreurs.

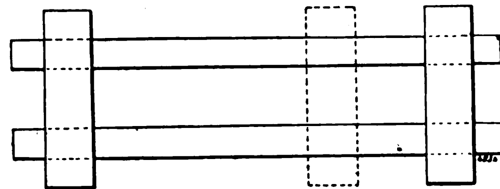


Fig. 4. — Schéma de la méthode du joug.

6, Lorsqu'on examine différentes courbes d'induction, $\mathcal{B} = f(\mathcal{H})$, obtenues avec le même échantillon, sur des appareils ou par des opérateurs différents, ou même, simplement, à deux reprises différentes, on est frappé des divergences que présentent ces courbes. Ces divergences sont faciles à comprendre, mais il est nécessaire d'insister sur elles pour éviter l'abus de la précision dans une question qui n'en est guère susceptible.

Pour les faibles valeurs de la force magnétisante $\mathcal{H}$ (fig. 5), la courbe monte très vite, de sorte qu'une très petite erreur sur l'intensité mesurée, et par suite sur $\mathcal{H}$, peut donner des erreurs grossières sur $\mathcal{B}$. Cette cause d'erreurs est très considérable pour les bons fers ; pour les fontes, où la courbe monte lentement, elle est relativement faible.

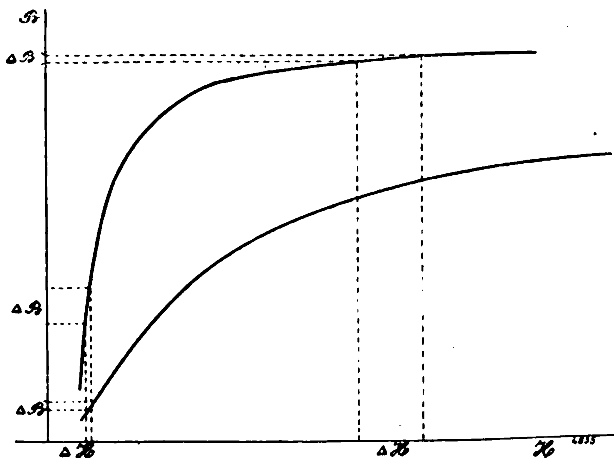


Fig. 5. — Erreurs sur $\mathcal{B}$ et $\mathcal{H}$.

Au-delà du coude de la courbe, vers la saturation, c'est au contraire la mesure de $\mathcal{B}$ qui est en défaut, une très petite erreur sur cette grandeur conduit à une erreur très grande sur $\mathcal{H}$. En résumé, dans les deux cas, c'est-à-dire pour les grandes et faibles valeurs de la perméabilité $\mu = \frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}}$, on voit que l'erreur commise sur μ peut être très considérable.

Vers le coude de la courbe, au moment où la perméabilité est très élevée, c'est *l'erreur des joints* qui est prépondérante. Soit en effet *a* le terme de correction appliqué et *b* la même valeur, plus l'erreur *possible mais inconnue* causée par le joint (fig. 6). Si nous retranchons de la courbe observée A ces deux valeurs de la correction, nous obtenons les deux courbes B et C entre lesquelles se trouve la valeur vraie de la fonction $\mathcal{B} = f(\mathcal{H})$. On voit que le plus grand écart des courbes a lieu au point d'inflexion.

Ces considérations s'appliquent également aux cas où l'on mesure directement la perméabilité μ, car il ne faut pas oublier que cette grandeur n'a aucun intérêt si elle est séparée du champ magnétisant $\mathcal{H}$.

Il y a lieu de remarquer que si ces différentes causes d'erreurs entachent les mesures magnétiques et les rendent bien inférieures aux mesures électriques, les grandeurs magnétiques n'ont pas besoin d'être connues avec plus d'approximation, pour les usages industriels tout au moins. Prenons, par exemple, un noyau de transformateur travaillant dans la partie basse de la courbe (fig. 5), il est évident que la connaissance exacte de cette courbe est inutile puisqu'une très petite variation du courant inducteur peut produire des effets aussi considérables sur l'induction. A l'opposé, si l'on s'est fixé un certain nombre d'ampèretours d'excitation dans les inducteurs d'une dynamo, l'erreur commise sur $\mathcal{B}$ sera celle de la mesure et il ne viendra à personne l'idée d'augmenter considérablement les ampèretours pour rattraper la petite différence sur $\mathcal{B}$.

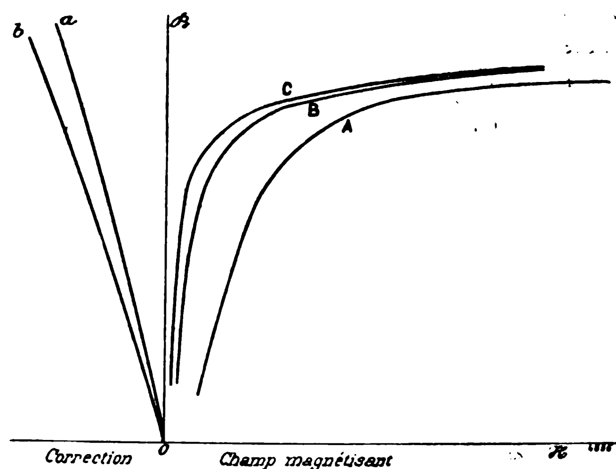


Fig. 6. — Erreur due aux joints.

7. La forme de la fonction étudiée limite ainsi la précision des mesures dans beaucoup de cas ; si l'on ajoute à cette cause l'hétérogénéité des fers du commerce, les variations dues à l'état physique — écrouissage et recuit — on voit que les mesures magnétiques occupent une place tout à fait spéciale dans les essais industriels et qu'il n'y a pas lieu de leur demander la précision qu'on est en droit d'exiger de beaucoup d'autres mesures. Ce qui est important, c'est d'obtenir facilement *beaucoup* de mesures et de se baser sur la moyenne. Pour cela, il est nécessaire que les échantillons prélevés pour les essais soient assez petits et de forme simple, afin que sur chaque fourniture de matériaux on puisse faire plusieurs essais; les écarts des résultats indiquent alors, dans les limites de précision de l'appareil, les défauts d'homogénéité.

On a beaucoup réclamé la création d'appareils permettant l'essai dans la masse ; jusqu'à présent, nous n'avons que l'appareil de M. Drysdale, décrit plus loin, qui remplisse cette condition. L'essai dans la masse peut être intéressant pour les pièces fondues ou forgées, il est inutile pour les tôles ; pour être réellement efficace, cet essai doit n'apporter aucun trouble dans la région essayée, et doit pouvoir être effectué en un point quelconque de cette masse ; la solution donnée par M. Drysdale ne paraît pas encore suffisante à cet égard.

Le travail nécessaire au découpage des échantillons modifie toujours les propriétés magnétiques et trouble beaucoup les mesures. Il y a bien un moyen de tourner cette difficulté : il consiste à recuire soigneusement l'échantillon terminé, mais le remède est pire que le mal. En effet, si la pièce dont on a tiré l'échantillon est elle-même plus ou moins écrouie, ce qui est le cas général, la mesure donne des résultats beaucoup plus favorables que la réalité et induit en erreur. Si, au contraire, la pièce elle-même est parfaitement recuite, il est à craindre que son état se modifie assez rapidement et apporte, par la suite, des troubles dans les résultats. Il semble, en effet, que le recuit complet du fer l'amène à

un état où ses propriétés magnétiques sont assez instables ; le fait est connu pour l'hystérésis, il est probable pour la perméabilité.

8. La précision exigible dans les mesures magnétiques est assez difficile à déterminer. On doit s'attacher surtout à obtenir des courbes $\mathfrak{B} = f(\mathfrak{H})$ à peu près *superposables*. Les résultats peuvent être considérés comme très précis dès que cette superposition est obtenue à 1 ou 2 p. 100 près, c'est-à-dire lorsqu'on peut faire coïncider les points les plus écartés par un déplacement de cette valeur *dans la direction la plus favorable*. Pour la partie inférieure de la courbe, le déplacement doit être parallèle à l'axe des $\mathfrak{H}$; pour la partie supérieure parallèle, à l'axe de $\mathfrak{B}$. Dans les essais industriels, des écarts de 5 à 10 p. 100 peuvent être tolérés sans inconvénient, dans la plupart des cas, et on doit remarquer que, les plus grosses erreurs venant toujours des joints, la courbe la plus exacte est celle qui est la plus voisine de l'axe de $\mathfrak{B}$ au début, c'est-à-dire celle qui donne la valeur la plus élevée de la perméabilité.

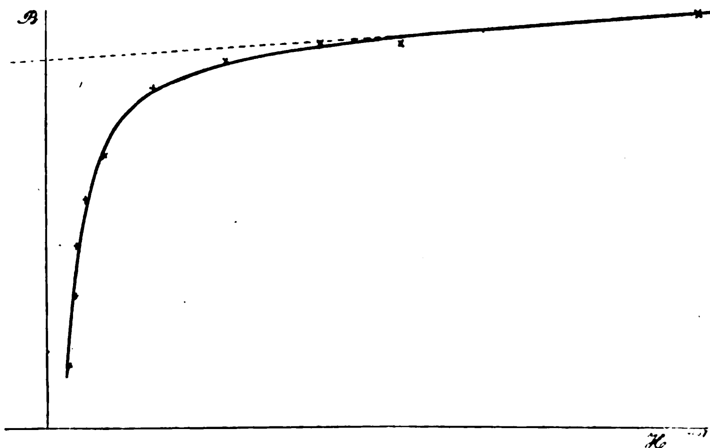


Fig. 7. — Détermination de la saturation.

L'indécision qui existe dans la partie supérieure de la courbe rend assez difficile la détermination de la saturation, aussi il est intéressant, à ce point de vue, de faire une mesure pour une valeur très grande de $\mathfrak{H}$; de la sorte on fixe assez bien la position de l'asymptote à la courbe, même par une mesure assez grossière (fig. 7).

(*A suivre*).

H. Armagnat.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

APPAREILLAGE

Parafoudre de l'Allgemeine Elektricitæts-Gesellschaft, par le Dr **Gustav Benischke**. Séance de la Société des Ingénieurs électriciens allemands du 26 mars 1901.

Les dangers auxquels sont exposés les réseaux aériens, d'une part, et, d'autre part, les parafoudres industriels les plus récents ont été décrits dans ce journal [1], d'après un ouvrage de F. Neessen. Dans sa communication, le Dr Benischke attire l'attention de ses confrères sur deux causes perturbatrices contre lesquelles on ne semble pas avoir pris de précautions suffisantes : la décharge obscure et les phénomènes de résonance, susceptibles de provoquer des surélévations de tension très dangereuses pour les conducteurs et les appareils qu'ils alimentent.

Voici, à titre d'exemple, un cas de décharge obscure tout à fait inattendu. L'auteur, qui poursuivait sur ce sujet une série d'expériences, avait adapté deux électrodes distantes de 10 cm

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXI, p. 467 et 505, 23 et 30 décembre 1899 ; t. XXII, p. 226, 10 février 1900. Voir aussi t. XXIX, p. XXI, 12 octobre 1901.

à une plaque isolante de 10 mm d'épaisseur, puis soumis le tout à une tension de 10 000 volts. Au bout de quelques heures, une violente explosion se produisit projetant jusqu'au plafond des éclats de la plaque. Un examen attentif de celle-ci révéla, entre les deux bornes, un petit canal d'une ténuité extrême, d'où partaient une multitude de petites ramifications, en sorte que l'ensemble ressemblait assez aux figures connues de Lichtenberg. La charge, par son action prolongée, avait peu à peu pénétré la matière isolante et au moment de la formation du court-circuit l'inflammation des gaz provoqua l'explosion.

Le danger de ce fait est donc réel; il convient d'y parer à l'aide de dispositifs appropriés. A priori, l'auteur élimine tous ceux où la rupture de l'arc se fait mécaniquement, car ils ne fonctionnent bien qu'aux basses tensions. L'adoption du parafoudre à cornes offre beaucoup de difficultés; en effet, pour le rendre sensible, il faut réduire l'interruption le plus possible; mais alors les courts-circuits se forment trop facilement et l'extinction de l'arc est des plus difficiles, surtout quand le courant est faible. En rendant les branches inférieures parallèles sur une plus grande longueur, on augmente considérablement les chances d'extinction, laquelle est infaillible pour des courants intenses; dans ce cas, le soufflage électrodynamique est toujours assez énergique pour que, l'air échauffé aidant, l'arc soit repoussé vers le haut des cornes. La rupture néanmoins demande toujours quelques secondes, pendant lesquelles le court-circuit produit une baisse de tension si considérable que souvent les moteurs alimentés par le réseau se calent. Il faut aussi songer aux gouttes d'eau, à la neige qui forment pont entre les deux branches du parafoudre, dès que la distance explosive descend au-dessous d'une certaine valeur.

Le Dr Benischke réalise un parafoudre à cornes, muni d'un soufflage magnétique puissant qui provoque instantanément un déplacement de l'arc, dont l'ascension se continue ensuite sous l'action du courant d'air chaud et des réactions électrodynamiques [1]. Sur un noyau de fer EE_1 (fig. 1 et 2), formé de tôles assemblées, sont enroulées un certain nombre de spires montées en série avec la ligne à protéger; le champ magnétique, figuré en traits pointillés, résulte du courant normal et non du courant de court-circuit, qui, en l'espèce, ne saurait être

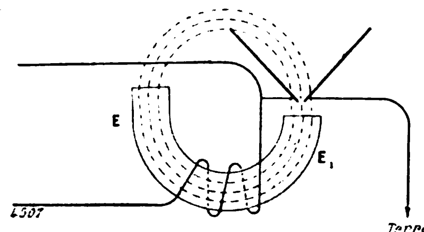


Fig. 1. — Schéma du parafoudre Benischke construit par la A. E. G.

utilisé pour l'aimantation du solénoïde à cause de la self-induction que ce dernier possède et de l'énorme impédance qu'il opposerait à la décharge. Grâce à cet artifice, le solénoïde est toujours prêt à fonctionner. Au-dessus de l'un des pôles se trouve l'interruption du parafoudre, constitué par deux conducteurs symétriques en U dont les branches sont tournées vers le haut.

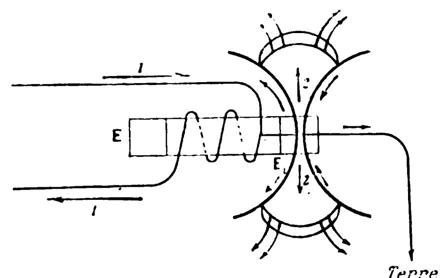


Fig. 2. — Schéma du parafoudre Benischke construit par la A. E. G.

L'un d'eux est relié directement au réseau, l'autre à la plaque de terre. Sitôt qu'un arc se forme, il est soufflé par le solénoïde et le mouvement une fois amorcé se continue en vertu des deux autres causes rappelées plus haut.

La figure 3 est une photographie de l'appareil installé sur un réseau. Il s'adapte aussi bien aux circuits alternatifs que continus; dans le premier cas, il est vrai, le sens du courant change à chaque instant, mais en même temps aussi la direction du champ magnétique, de sorte que le sens du déplacement reste toujours le même. Le côté vers lequel l'arc est repoussé dépend uniquement du sens de l'enroulement; par exemple, le cou-

[1] Voir le parafoudre de Siemens et Halske, *L'Éclairage Électrique*, t. XXI, p. 510.

rant circulant dans la direction des flèches 1, nous aurons en E_1 un pôle N ou S selon que l'enroulement sera sinistrorsum ou dextrorsum. Pour se dispenser d'essais préliminaires sur la direction à donner aux cornes, on les forme de deux branches symétriques. La photographie de la figure 4 représente un arc déjà parvenu aux extrémités des cornes et ayant près de 1 m de hauteur. Le parafoudre était installé sur un réseau à 6 000 volts.

L'ensemble de l'appareil représenté par la figure 3 semble bien compliqué; en réalité, cette complication, apparente seulement, est due à la présence de la bobine de self-induction qui remplace ici les bobines de protection installées sur les conducteurs à leur entrée dans la salle des machines ([1]). Quant aux appareils récepteurs eux-mêmes, moteurs ou transformateurs, ils possèdent une self-induction suffisante pour pouvoir se passer de toute mesure de sûreté.

Les règlements prescrivent que le conducteur du parafoudre connecté à la ligne doit se raccorder avec cette dernière sous un angle assez petit dont le sommet est tourné du côté d'où vient la décharge. L'auteur ne partage pas cette manière de voir. D'après lui, la décharge atmosphérique étant un phénomène de l'éther n'éprouve aucune difficulté à suivre un chemin quelconque. Les étincelles des machines électriques (étincelles en zigzag) nous offrent tous les jours la preuve de ces changements continuels de direction dans l'intervalle qui sépare les pôles. Par contre, le conducteur de terre doit aboutir normalement au parafoudre pour éviter les effets d'induction mutuelle; on peut aussi y insérer des résistances sans self-induction qui diminueront l'intensité du courant de court-circuit.

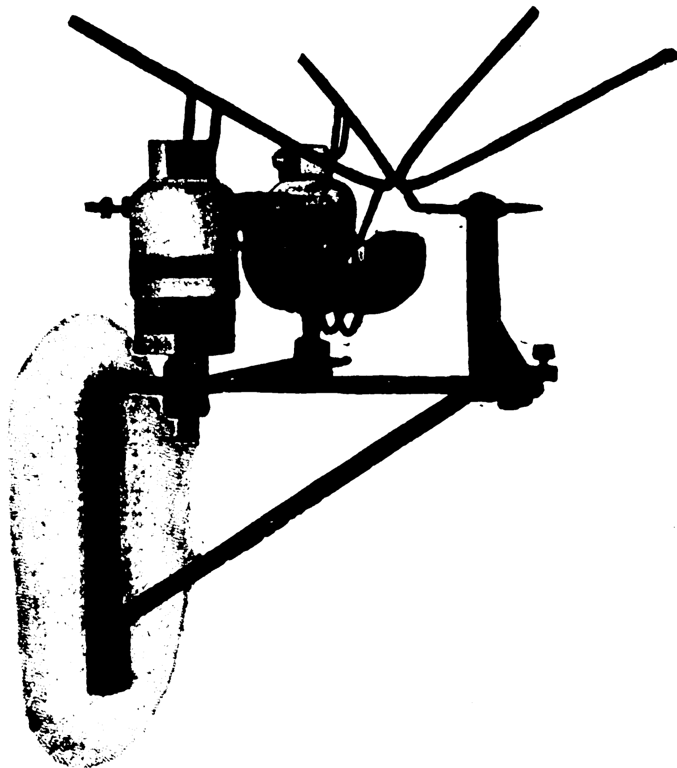


Fig. 3. — Parafoudre A. E. G. installé.

Le conférencier étudie ensuite les surélévations de tension qui peuvent survenir sur un réseau par suite des effets de résonance ([1]). On sait que la courbe de force électromotrice d'un alternateur couplé sur un réseau s'écarte beaucoup de la sinusoïde et qu'elle présente généralement des dentelures dues à la présence d'harmoniques, c'est-à-dire d'ondes dont la fréquence

([1]) On se contente d'ordinaire de bobines comportant 10 à 20 spires de 10 cm de diamètre. Elles ne produisent, dans les circuits de courants alternatifs, qu'un déphasage très faible entre la force électromotrice et le courant; on admet, au contraire, qu'elles offrent une résistance apparente très grande aux décharges oscillantes de l'électricité atmosphérique, qui ont environ 10^6 alternances par seconde d'après les expériences de Lodge. Cependant des accidents survenus à des réseaux ainsi équipés ont démontré l'insuffisance de ces bobines à enroulements limités, ce qui semble confirmer la théorie de Ch.-P. Steinmetz qui a établi (*Éclairage Électrique*, t. XXVII, p. 177 et suivantes) que la fréquence fondamentale d'une ligne de transmission frappée par une décharge atmosphérique est donnée par la relation $n = \frac{7,5 \times 10^9}{l}$, c'est-à-dire qu'elle varie en raison inverse de la longueur du réseau. En particulier, pour des lignes de 1, 5, 10, 20, 50, 100 km. les fréquences fondamentales des décharges à la terre sont :

75 000, 15 000, 7 500, 3 750, 1 500, 750.

Ces fréquences, pour les lignes assez longues, sont donc relativement faibles et approchent des fréquences des alternateurs employés industriellement. Il en résulte que les bobines de protection ne seront réellement efficaces que si on leur donne un grand nombre de spires.

([1]) L'étude des phénomènes de résonance a préoccupé depuis longtemps les électriciens; en particulier, M. Maurice Leblanc en a donné une théorie complète où le lecteur puisera une foule de renseignements utiles : *L'Éclairage Électrique*, t. XXI, p. 81-94, 172-180, 21 oc-

est un multiple de l'onde fondamentale [1]. Si $\mathfrak{L}$ et C désignent la self-induction et la capacité de la ligne, celle-ci tendra à faire résoner des courants de fréquence $T = 2\pi\sqrt{\mathfrak{L}C}$; or $\mathfrak{L}$ et C varient à chaque instant avec la charge du réseau, principalement quand on y intercale des moteurs ou des commutatrices. Le moyen préconisé par M. Leblanc pour diminuer le nombre

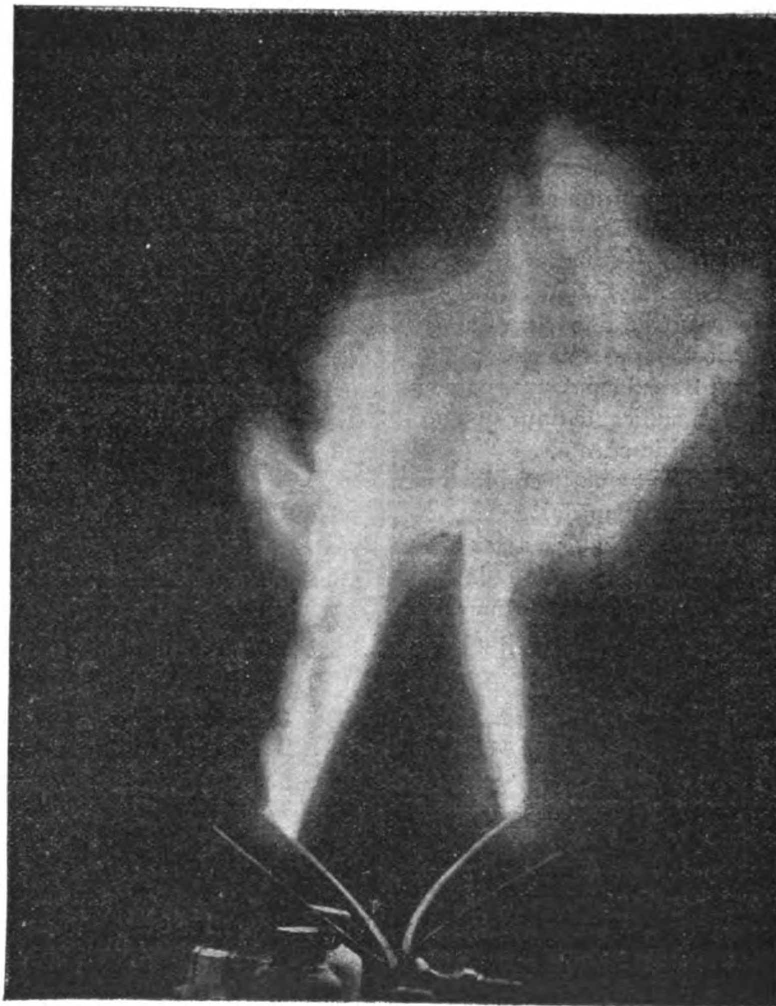


Fig. 4. — Photographie d'un arc sur un réseau à 6 000 volts.

des harmoniques susceptibles de résoner, consiste dans l'adjonction de condensateurs aux divers appareils récepteurs; mais ce procédé offre des difficultés considérables et n'a pas encore reçu de sanction pratique.

L'Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft, sur les indications du Conférencier, adopte un dispositif où la distance explosive est réglable à volonté; de plus, des résistances non inductives sont insérées dans le fil de terre, précaution qui a l'avantage d'empêcher l'arc de se former, tout en permettant à la décharge de se perdre dans le sol. Ces résistances sont constituées ou par

tobre et 4 novembre 1899; t. XXV, p. 264, 17 novembre 1900. Voir aussi G. Kapp : Sur les décharges dues aux effets de capacité dans les câbles concentriques, *L'Éclairage Électrique*, t. XXIII, p. 92, 21 avril 1900; S. Hanappe : Rupture de l'isolant des câbles concentriques, *L'Éclairage Électrique*, t. XXV, p. 492, 29 décembre 1901.

(1) Voir Armagnat. Application des oscillographes à la méthode de résonance, *L'Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 373, 15 mars 1902. C.-F. Guilbert : Les générateurs d'électricité à l'Exposition Universelle, p. 715 et suiv. C. Naud, éditeur.

des lampes à incandescence dont l'ampoule, en forme de tube, mesure 40 cm de longueur, ou par des résistances liquides. Les lampes sont construites pour 150 volts et 1 ampère; on les dispose en série en nombre suffisant pour qu'aux bornes de chacune d'elles la tension ne dépasse pas 150 volts. Le filament de charbon est fixé aux deux bouts du tube; mais, par suite de sa

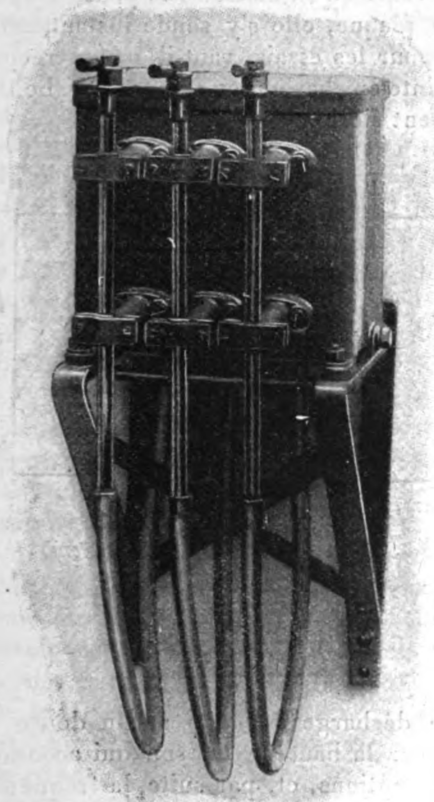


Fig. 5. — Résistances liquides A. E. G. pour parafoudres sur réseaux triphasés.

longueur, il éprouve une dilatation considérable quand il est chauffé; c'est pourquoi l'une de ses extrémités est soudée à un petit ressort spiral qui le maintient toujours tendu. Le courant lui est amené par une bande de cuivre parallèle au ressort; cet artifice élimine les effets de self-induction qui proviendraient des spires du ressort utilisé comme conducteur. Ces lampes, soumises à des régimes extraordinaires, sont bientôt détériorées; pour les contrôler, on dispose d'un commutateur spécial qui permet de les brancher sur le réseau.

Bien plus robustes sont les résistances liquides. La figure 5 est la photographie du modèle construit par l'Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft pour circuits triphasés. Les conducteurs de terre, qui partent des trois interruptions, sont reliés à trois électrodes auxquelles on adapte des tubes de caoutchouc; ceux-ci débouchent au fond d'un récipient métallique qu'on remplit suffisamment d'eau pour assurer un bon contact. La longueur des tubes de caoutchouc, et par suite la résistance de la colonne liquide, sont réglées d'après la tension du réseau auquel ils sont destinés. On ajuste l'appareil par tâtonnements jusqu'à ce qu'il se produise, à l'interruption, une étincelle correspondant à une différence de potentiel aussi faible qu'on le désire et sans qu'un arc puisse prendre naissance. Le dispositif convient tout aussi bien pour conduire à la terre l'électricité atmosphérique accumulée sur le réseau, et, grâce à sa sensibilité, empêche cette accumulation d'atteindre des proportions dangereuses. Enfin, des coupe-circuits disposés entre les interruptions et les résistances protégeront l'installation contre les coups de foudre.

T. PAUSERT.

BOBINE D'INDUCTION

Sur la bobine d'induction, par **John Trowbridge**. *Phil. Mag.* [VI], t. III, p. 393, avril 1902.

Dans cette note, l'auteur confirme par l'expérience les idées que Lord Rayleigh a fait connaître dans un précédent numéro du *Philosophical Magazine* (décembre 1901) et que nous avons analysé ici même (voir *Éclairage Électr.* du 5 juillet 1902). Nous savons, en effet, que Lord Rayleigh a prouvé que, dans certains cas, l'insertion d'un condensateur sur le *primaire* d'une bobine d'induction n'a aucun avantage et que, dans d'autres, le condensateur devient nuisible.

M. Trowbridge a expérimenté sur une bobine possédant les constantes suivantes :

Longueur du noyau de fer 120 cm; diamètre du noyau de fer 8,7 cm. Le primaire couvre ce noyau de fer et est constitué d'une couche de fil de cuivre n° 6.

Le secondaire est constitué par 140 bobines plates séparées par des plaques de verre de 3,2 mm d'épaisseur, et contenant chacune de 400 à 500 tours. La résistance totale du secondaire

est de 246600 ohms, et il est enfermé complètement dans une boîte mais sans qu'il soit noyé dans de la paraffine.

En employant un condensateur dans le primaire, on obtient avec 5 accumulateurs une étincelle de 37,5 cm de longueur (en employant un interrupteur vibrant ordinaire). En ôtant le condensateur et en employant un interrupteur à liquide que nous décrirons en quelques lignes, *l'étincelle atteint jusqu'à 75 cm de longueur*.

Voici le genre de cet interrupteur à liquide. Il est constitué d'un fil de platine qui peut recevoir, au moyen d'une bielle mûe par un petit moteur électrique, un mouvement de va-et-vient vertical ; ce fil se meut en traversant un tube capillaire de verre qui est immergé dans une solution d'eau acidulée (20 p. 100 de SO^4H^2) ; une électrode en plomb de forme spéciale entoure ce tube de verre tout en plongeant dans le bain acide. Cet interrupteur donne de 60 à 5000 interruptions par minute en variant la vitesse du moteur. Le courant traversant le primaire ne dépasse pas 5 à 10 ampères (en faisant la lecture sur un ampèremètre en *série* sur le *primaire*).

En employant une batterie d'accumulateurs et un transformateur Planté, l'auteur dit n'avoir jamais pu dépasser, dans l'air, une longueur d'étincelle de 2,12 m, mais il croit qu'avec une bobine du genre de celle que nous venons de décrire et avec un interrupteur à liquide de la catégorie de celui dont nous venons d'indiquer le principe, sans pouvoir entrer dans les détails, on pourra facilement dépasser les 2,12 m d'étincelle. C'est là un avenir certain pour la télégraphie sans fil pendant que le condensateur primaire et les interrupteurs mécaniques passeront dans les rayons des musées historiques de physique.

Eugène Néculcéa.

Interrupteur électrolytique, par **Julius Bing**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, p. 956, 14 novembre 1901.

En poursuivant des essais sur un redresseur électrolytique à plaque d'aluminium, l'auteur a eu l'occasion de découvrir un phénomène très intéressant. L'expérience est disposée comme l'indique la figure 1. On connecte le pôle positif d'une batterie d'accumulateurs à la lame d'aluminium et le pôle négatif, à la lame de plomb du redresseur dont l'électrolyte est une solution concentrée d'acide tartrique. La lame d'aluminium est ensuite reliée à l'une des armatures d'un condensateur, l'autre étant munie d'un fil qui plonge dans la cuve. Ce fil, terminé par une pointe, est disposé normalement et assez près de l'anode. Dans ces conditions, il se produit, entre la pointe et la plaque, une décharge qui est due très vraisemblablement à la capacité de polarisation de l'aluminium. L'énergie mise en jeu par l'introduction du condensateur est si considérable qu'en amenant la pointe en contact avec la plaque, elle s'y soude instantanément ; aussi, pour les essais, vaut-il mieux recourir à une pointe en charbon ou en graphite. Le liquide également s'échauffe beaucoup.

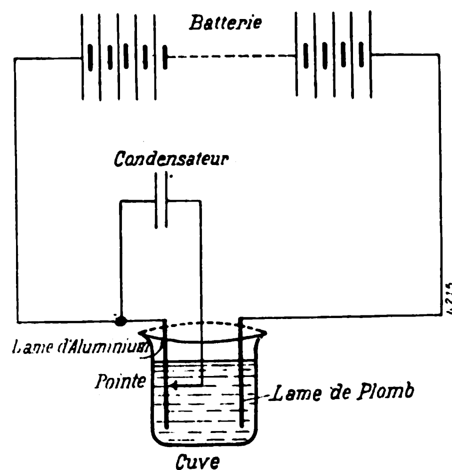


Fig. 1.

Cette décharge est sans aucun doute oscillante ; car la hauteur du son qui accompagne les interruptions, et, par suite, la fréquence des décharges, varient en même temps que la capacité mise en jeu. L'adjonction d'une self-induction au circuit du condensateur donne des résultats identiques : elle diminue le nombre des interruptions et peut même les arrêter complètement si on la choisit assez grande. La régulation du courant s'obtient en immergeant plus ou moins la plaque dans l'électrolyte. Le phénomène est déjà manifestement visible avec une tension de 60 à 70 volts et une capacité de 15 microfarads ; mais c'est seulement à partir de 150 à 200 volts que les interruptions commencent à être régulières.

Il se manifeste à l'anode une lueur bleuâtre qui s'évanouit au moment de la décharge ; elle reparaît au contraire quand on augmente pro-

gressivement la charge. L'auteur en conclut que le phénomène observé doit être attribué à la capacité de polarisation de l'aluminium [1].

T. Pausert.

Interrupteur-pilon Lecarme et Michel pour bobine d'induction.

Cet interrupteur se compose d'une cuve en fonte contenant du mercure B (fig. 1 et 2) audessus duquel est une couche de pétrole *c* et d'une tige *t* mise en mouvement par un solénoïde S. L'appareil étant placé en série sur le circuit primaire de la bobine, le courant traverse le mercure, la tige *t*, le mercure contenu dans le récipient latéral R et le fil du solénoïde S. Quand l'intensité de ce courant a pris une valeur convenable, le solénoïde fait remonter la tige *t* et le circuit se trouve coupé. On règle le nombre d'interruptions du courant par unité de temps au moyen de la vis V qui sert à limiter la course de la tige ; une autre vis, non représentée, permet de régler la plongée de cette tige.

Cet appareil présente les inconvénients inhérents aux interrupteurs à mercure : le mercure s'épaissit et le liquide isolant placé au-dessus de lui émet, en se vaporisant, des odeurs désagréables. Mais il possède sur les interrupteurs du même genre plusieurs avantages : d'abord il est d'une construction très robuste ; en second lieu la tige n'est soulevée par le solénoïde que lorsque le courant a atteint une certaine valeur, de sorte que, l'appareil une fois réglé, la rupture se produit toujours pour la même intensité de courant ; enfin la forme de la cuve permet d'avoir, par l'interférence des ondes déterminées par le mouvement de la tige, une zone de repos absolu à l'endroit où s'effectue la rupture, de sorte que celle-ci se reproduit périodiquement dans les mêmes conditions.

Les constructeurs ont utilisé cet interrupteur avec succès dans des essais de télégraphie sans fil et ils en recommandent l'emploi dans cette application de la bobine d'induction.

[1] Il sera intéressant de comparer ce phénomène à ceux decrits par F. Braun dans un article intitulé « Lumière émise par certaines électrodes à l'intérieur des électrolytes » et publié dans *L'Éclairage Électrique*, t. XVII, p. 169, 22 octobre 1898.

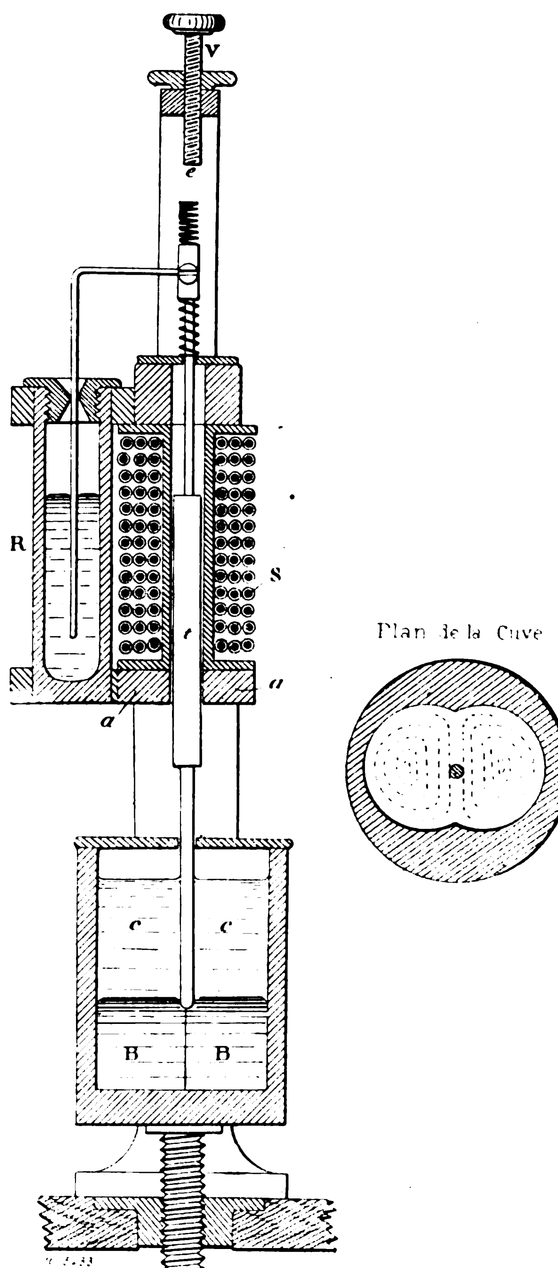


Fig. 1 et 2. — Interrupteur pilon Lecarme et Michel.

Interrupteur rotatif Lecarme et Michel pour bobines d'induction.

Un cylindre métallique *a* (fig. 1) a sa face intérieure garnie de lames de cuivre rouge *p* et renferme de l'huile de pétrole; suivant son axe est disposé un arbre vertical *b* à ailettes courbes munies de lames de laiton *p'*; le cylindre et l'arbre, isolés électriquement, sont respective-

ment reliés aux deux pôles de la source d'alimentation. Quand on fait tourner l'arbre b, au moyen d'un moteur électrique par exemple, le passage des contacts mobiles p' sur les contacts fixes p ferme le circuit.

On peut ainsi faire passer un courant de très grande intensité; il suffit de multiplier le nombre des contacts et d'augmenter leur hauteur;

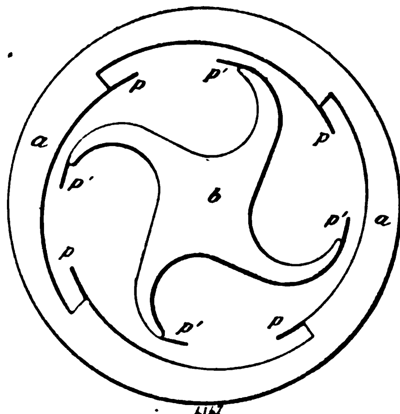


Fig. 1.

l'étincelle de rupture se trouve alors dispersée sur une grande longueur de pièces et tout échauffement de celles-ci est évité. D'autre part il n'y a pas à craindre que, lorsqu'on augmente la rapidité des interruptions, les contacts ne deviennent mauvais, car plus la vitesse est grande, plus la force centrifuge applique les lames élastiques mobiles, contre les lames fixes p' (1). J. R.

(1) Dans une communication faite à la séance du 6 juin de la Société française de Physique, MM. Lecarme et Michel, s'exprimaient comme il suit au sujet des qualités de cet interrupteur :

« En raison de la dispositiou de la turbine et de l'inclinaison des balais par rapport aux rayons menés de l'axe de rotation à la périphérie, l'intensité du courant croît de 0 à 1 ampère par centimètre carré de surface des balais d'une façon progressive : pendant ce temps, la turbine comprime le pétrole, et au moment où les quatre balais mobiles quittent les balais fixes, ce qui a lieu brusquement puisque les premiers sont tordus par la pression comme des ressorts, le pétrole s'échappe avec force et souffle l'étincelle de rupture en même temps qu'il refroidit les contacts. Cet appareil donne des résultats remarquables, tant au point de vue du rendement que de sa durée. Il donne un nombre d'interruptions qui peut varier à volonté depuis 10 à 200 par seconde, et les étincelles fournies par la bobine qu'il actionne sont toutes identiques et parfaitement régulières. Les résultats sont excellents en ce qui concerne son application à la télégraphie sans fil, à la radioscopie (vision très nette des battements du cœur), à la radiographie et à la haute fréquence. Une petite bobine donnant par exemple $0^m,25$ d'étincelle, actionnée par l'interrupteur-turbine au moyen du courant de 110 volts, donne des résultats supérieurs à ceux obtenus avec une bobine de $0^m,40$ d'étincelle actionnée par un interrupteur à mercure. »

MESURES

Ampèremètres, voltmètres et wattmètres enregistreurs de Gans et Goldschmidt. — Communiqué par **M. Palewski**.

Dans un article très documenté, paru tout récemment (1), M. Ch. Jacquin faisait ressortir les services multiples que peuvent rendre les appareils enregistreurs, et, en même temps, constatait combien il avait éprouvé de difficultés à trouver un instrument bien adapté à l'application particulière qu'il avait en vue, savoir les véhicules de tramways et de chemins de fer. Nous croyons donc être utiles aux lecteurs de ce journal en leur signalant les progrès réalisés dans cette voie par la maison Gans et Goldschmidt. A la vérité, leurs enregistreurs remontent déjà à l'année 1897; mais ils ont subi, depuis cette époque, une série d'heureuses améliorations et le domaine de leur emploi s'est considérablement agrandi.

Rappelons, tout d'abord, que les appareils à courant continu dérivent tous d'un système Desprez-d'Arsonval breveté sous le n° 99460 D R P; les appareils à courant alternatif dérivent tous de l'électrodynamomètre. Comme enregistreurs, ils se distinguent par cette propriété, que l'inscription se fait par points, c'est-à-dire, une aiguille oscillant librement devant le cylindre est, périodiquement et à intervalles pouvant varier de 1 à 60 secondes, pressée contre la bande de papier réceptrice. L'aiguille est ramenée au zéro par un ressort spiral et les impulsions qu'elle reçoit sont proportionnelles aux variations du courant. La figure 1 est la photographie d'un de ces appareils.

Cet artifice supprime, d'une part, les pertes d'énergie dues aux frottements de l'organe inscripteur sur le rouleau, et, d'autre part, la paresse de l'index à suivre les faibles variations de courant qui en est la conséquence. Un défaut

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 17 et 81, 4 et 18 janvier 1902.

non moins grave, mis en relief dans l'article cité, est le manque de netteté du tracé obtenu par plume, crayon, molette ou siphon. Ici le style inscripteur consiste en une pointe conique, le plus souvent en acier, assez aiguë pour marquer des traits nettement visibles, tout en ne perçant pas le papier ; mais on peut aussi employer un crayon en bronze qui imprime alors sur un papier spécial des points noirs. Ce crayon ne reçoit

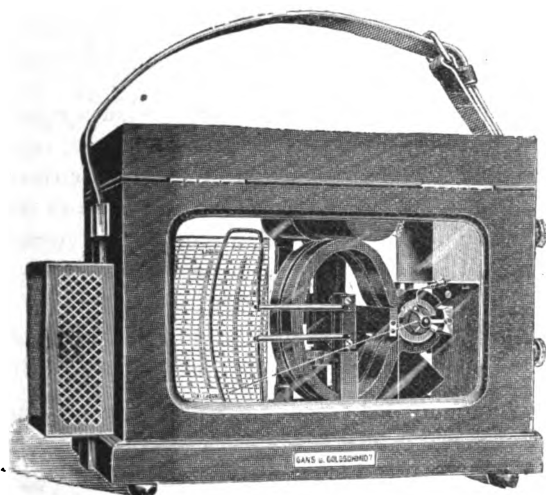


Fig. 1.

également que des impulsions périodiques et n'est pas en contact permanent avec le cylindre.

La réalisation pratique de ce principe, excellent en théorie, exige que l'aiguille prenne rapidement sa position d'équilibre, ou, autrement dit, l'appareil n'atteindra son plein effet que grâce à un amortissement énergique. On l'obtient en renforçant l'amortisseur électromagnétique habituel d'un amortisseur à air. L'application de la pointe contre le papier se fait au moyen d'un archet, couvrant toute la longueur du cylindre, solidaire de l'armature d'un électro qui reçoit des excitations périodiques par l'intermédiaire d'un axe lié au mouvement d'horlogerie entraînant le cylindre. Tous les mouvements sont pourvus d'un échappement à ancre. L'axe du cylindre, commandé directement par le barillet, est, en général, vertical, et monté sur pivots.

On le tourne un peu conique ; une légère friction constitue la seule liaison mécanique entre lui et le tambour.

La rotation de l'appareil est réglée, une fois pour toutes, à une vitesse dépendant de sa destination. Quelquefois on peut lui donner deux vitesses, par exemple, si on veut étudier la capacité d'une batterie d'accumulateurs à différents régimes de charges et décharges. Les durées de déroulement pourront alors être comprises entre une ou deux heures ou bien douze et vingt-quatre heures. Dans ce cas, l'ampèremètre et le voltmètre sont séparés ou combinés pour tracer leurs indications sur la même bande de papier.

Nous ne retiendrons, de la longue nomenclature des applications possibles de ces instruments, que celles où ils sont exposés à des chocs. Cette épreuve nous semble, en effet, décisive pour le choix d'un enregistreur ; mais alors entre en jeu un nouveau facteur c'est le mode de fixation de l'appareil au système mobile qu'il doit contrôler. Les constructeurs ont réalisé. dans ce but, une suspension qui amortit complètement les trépidations et s'adapterait très bien au relevé de la consommation d'énergie des tramways. Le cylindre ferait un tour soit en une heure, soit en deux heures, ou encore pourrait recevoir son mouvement de l'essieu même du véhicule. Cette commande directe du tambour a été également étudiée pour machines-outils, métiers à tisser, grues et voire même pour machines à raboter, et, dans ce dernier cas, il tourne dans un sens ou dans l'autre selon que le rabot avance ou recule.

T. Pausert.

DIVERS

Sur la limite de validité de la loi d'Ohm,

par **J. Stark.** *Drude's Annalen*, t. VII, p. 932-935, avril 1902.

Dans un mémoire précédent (1) l'auteur avait donné comme condition limite de la validité de la loi d'Ohm,

$$l\frac{\Delta X}{\Delta x} < -k$$

exprimant que le trajet libre moyen l d'un ion est petit vis-à-vis du segment Δx le long duquel la force qui le sollicite diminue d'une quantité appréciable ΔX. Cette formule est inexacte, car elle dépend du système d'unités adopté. Elle doit être remplacée par la suivante :

$$\frac{\Delta X_\lambda}{X_\lambda} < -0{,}01$$

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXIX, p. 492, décembre 1901.

celle-ci signifie que la diminution ΔX_λ de la force agissant sur l'ion le long du trajet libre, doit être petite vis-à-vis de la valeur X_λ de cette force aux extrémités du trajet. Au voisinage immédiat de la cathode, le champ est très intense : dans la lueur négative, il est très faible : la distance entre la cathode et la limite de la lueur négative est inférieure à λ_p. Donc $\frac{\Delta X_\lambda}{X_\lambda}$ est grand et par suite dans cette région les écarts de la loi d'Ohm sont considérables.

M. L.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 2 juin (suite).

Sur le pouvoir inducteur spécifique des diélectriques aux basses températures, par **Jacques Curie et P. Compan**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1295-1297.

Ces déterminations ont été effectuées en disposant les diélectriques à étudier sous la forme de condensateurs plans avec anneau de garde [1] et les mesures ont été faites à l'aide d'un quartz piézo-électrique, d'après le procédé indiqué antérieurement par M. Curie [2].

Le tableau ci-dessous contient les nombres obtenus avec un échantillon de crown. Deux autres échantillons ont donné des résultats analogues.

TEMPS de charge	TEMPÉRATURES				
	+ 13	0°	— 19°	75°	— 185°
s	o	o	o	o	o
10	11,25	9,47	8,44	7,09	6,49
1	9,32	8,44	7,81	7,09	6,49
$\frac{1}{10}$	8,04 *d* (3) 7,75 *r*	7,75 *d* 7,52 *r*	7,42	7,09	6,49
$\frac{1}{20}$	7,85 *d* 7,59 *r*	7,50 *d* 7,42 *r*	7,36	7,09	6,49

On peut tirer de ce tableau plusieurs conclusions intéressantes : 1° *le froid a pour action principale de supprimer toute la courbe de charge lente*. A — 75° déjà, et à plus forte raison dans l'air liquide, le verre est devenu un diélectrique parfait. Le pouvoir inducteur est alors rigoureusement indépendant du temps de charge. Ce résultat a été vérifié, comme on peut le voir sur le tableau, pour des temps de charge qui ont varié depuis $\frac{1}{20}$ de seconde jusqu'à 10 secondes.

2° Pour des temps de charge faible $\left(\frac{1}{20}\right.$ de $\left.\text{seconde}\right)$ le pouvoir inducteur du verre varie peu avec la température. Il a varié de 7,59 à 6,49 entre + 13° et — 185°. M. Rubens, pour un verre d'une autre espèce (flint), indique un nombre analogue aux précédents, soit 6,77, pour le coefficient correspondant à l'indice de longueur d'onde infini dans la formule de dispersion.

3° Le pouvoir inducteur du verre augmente avec la température suivant une loi linéaire : *la variation du pouvoir inducteur est proportionnelle à la variation de température.*

Si l'on représente par k_0 une constante qui serait le pouvoir inducteur au zéro absolu, si la loi se maintenait jusque-là, par k le pouvoir inducteur à la température absolue T, par A un

(1) « La pile de charge employée consistait en une série de 35 éléments Daniell correspondant à une différence de potentiel de 40 volts environ. La charge des condensateurs était obtenue à l'aide d'un pendule, muni de deux lames d'acier, qui établissait les communications nécessaires pendant un temps déterminé. Nous avons opéré successivement à la température ambiante (+ 15° environ), à la température de — 19° dans un mélange réfrigérant, à la température de — 75° dans un mélange d'acide carbonique et d'éther, enfin à la température d'ébullition de l'air liquide, à — 185°. Nous avons opéré sur trois échantillons représentés par trois lames de microscope (crown) ».

(2) J. CURIE, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1889.

(3) La lettre *d* placée à côté d'un nombre indique que la valeur est obtenue en descendant les températures, c'est-à-dire en opérant du chaud au froid ; la lettre *r* indique que la valeur est obtenue en remontant les températures, c'est-à dire en opérant du froid au chaud. Le verre qui vient d'être chauffé ou qui a séjourné longtemps à la température ordinaire n'est pas identique au verre qui vient d'être énergiquement refroidi. Il conserve le souvenir des opérations calorifiques qu'il vient de subir. Il y a hystérésis dans les effets produits par les variations de température.

coefficient constant caractéristique de la substance, on a

$$k = k_0 + AT.$$

La loi de proportionnalité paraît s'appliquer tant que la courbe de charge lente n'intervient pas pour masquer la variation régulière. En fait, la loi s'applique d'autant mieux que le temps de charge est plus court [1].

Les résultats précédents ne sont pas particuliers au verre. La variation des pouvoirs inducteurs de l'ébonite, du mica et du quartz s'effectue d'une manière analogue; en particulier, la loi de variation linéaire s'applique parfaitement bien.

De l'examen stéréoscopique en radiologie et des illusions dans l'appréciation du relief, par **Th. Guilloz**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1303-1305.

L'auteur insiste sur le mode opératoire à employer pour éviter diverses erreurs qu'il signale.

Séance du 9 juin 1902.

Sur les moteurs à combustion; par **L. Lecornu.** *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1347-1349.

« La théorie des moteurs à gaz ou à pétrole ne me semble pas avoir été présentée jusqu'ici avec toute la simplicité et toute la généralité dont elle est susceptible; je voudrais indiquer très brièvement comment on peut, à mon avis, combler cette lacune.

» Le diagramme, quelle que soit son allure, se partage en deux grandes phases : dans l'une le mélange gazeux évolue en vase clos, de capacité variable; dans l'autre, il communique plus ou moins librement avec l'atmosphère. En admettant, comme on le fait d'habitude, qu'il soit permis de négliger les échanges de chaleur effectués à travers les parois du cylindre, le travail externe développé dans la première phase est égal à la diminution d'énergie; dans la seconde phase, la pression demeurant sensiblement constante et égale à la pression atmosphérique, le travail est égal au produit de cette pression par la variation de volume. J'emploierai la lettre U ou la lettre W, suivant qu'il s'agira de désigner l'énergie (en calories) du mélange avant ou après la combustion. Soient, au début de la première phase, c'est-à-dire à l'instant où commence la compression, V_0 le volume, T_0 la température absolue et U_0 l'énergie. Soient, à la fin de la même phase, c'est-à-dire à l'instant où commence l'échappement, V_1, T_1, W_1 les valeurs des mêmes variables. Si E représente l'équivalent mécanique de la chaleur, le travail externe est $E(U_0 - W_1)$. Pour la seconde phase, qui ramène du volume V_1 au volume V_0 sous la pression constante p_0, le travail est $p_0(V_0 - V_1)$. Le travail total est donc

$$\mathcal{T} = E(U_0 - W_1) + p_0(V_0 - V_1).$$

Pour obtenir le rendement ρ, il suffit de diviser par la quantité de chaleur Q que fournit la combustion; mais on doit s'entendre sur la manière d'évaluer Q. La convention la plus naturelle est qu'il s'agit de la chaleur dégagée par la combustion effectuée à volume constant et à la température T_0. Dès lors, Q n'est autre chose que la variation d'énergie $U_0 - W_0$, d'où, en faisant $E = \frac{1}{A}$,

$$(1) \qquad \rho = \frac{U_0 - W_1 + Ap_0(V_0 - V_1)}{U_0 - W_0}.$$

» Souvent on suppose la chaleur Q dégagée à une température T_a différente de T_0, par exemple à la température pour laquelle commence réellement la combustion dans le cylindre. Le dénominateur doit alors être remplacé par $U_a - W_a$. Appelons T_b la température à laquelle parviendrait le mélange si, en partant de la température T_a, la combustion s'effectuait à volume constant, sans échange de chaleur avec le dehors. On a évidemment $U_a = W_b$ et le dénominateur peut s'écrire $W_b - W_a$. On peut d'ailleurs au numérateur, remplacer $U_0 - W_1$ par $U_0 - U_a + W_b - W_1$ de façon à mettre en évidence des variations d'énergie $U_0 - U_a$ et $W_b - W_1$ respectivement obtenues sans changement d'état

---

[1] Avec le verre, pour un temps de charge égal à $\frac{1}{20}$ de seconde, elle s'applique depuis — 185° jusqu'à zéro-glace environ. Elle paraît s'appliquer plus longtemps lorsqu'on remonte les températures au lieu de les descendre.

Le tableau suivant indique les valeurs de A et de k_0 pour les trois échantillons de verre étudiés (crown).

	k_0.	A.
Verre n° 1	6,03	0,00524
Verre n° 2	6,83	0,00520
Verre n° 3	6,24	0,00533

chimique. Dans ces conditions,

$$(2)\qquad \rho = \frac{U_0 - U_a + W_b - W_1 + Ap_0(V_0 - V_1)}{W_b - W_a}.$$

» Dans le cas particulier où les chaleurs spécifiques à volume constant, c et c', du mélange, considéré avant et après la combustion, sont supposées indépendantes de la température, on a, en prenant comme unité le poids du mélange,

$$W_b - W_a = c'(T_b - T_a),$$
$$W_b - W_1 = c'(T_b - T_1),$$
$$U_0 - U_a = c(T_0 - T_a).$$

Si l'on admet en même temps que le mélange brûlé suit la loi des gaz parfaits et si l'on désigne par C' sa chaleur spécifique à pression constante, on a, en appelant T'_0 la température à laquelle parviendrait ce mélange, pris dans l'état T_0, V_0, p_0 et amené sous la pression constante p_0 du volume V_0 au volume V_1,

$$Ap_0(V_1 - V_0) = (C' - c')(T'_0 - T_0),$$

d'où

$$(3)\qquad \rho = \frac{C'(T_0 - T'_0) + c'(T_b - T_1 + T'_0 - T_0) + c(T_0 - T_a)}{c'(T_b - T_a)}.$$

» Cette dernière formule a été trouvée par M. Marchis, dans le cas spécial du diagramme Charon, en analysant l'un après l'autre les phénomènes successifs qui accompagnent le parcours de ce diagramme et en supposant que la combustion se produit d'une manière explosive, aussitôt après l'achèvement de la compression. T_a désigne alors la température initiale et T_b la température finale de l'explosion. Nous voyons que la formule a une portée générale : elle subsiste quelle que soit l'avance à l'allumage et quelle que soit la lenteur de la combustion. La température T_a peut même être arbitrairement choisie ; T_b est une fonction de T_a. Si l'on veut tenir compte des variations des chaleurs spécifiques avec la température, on doit revenir à la formule (2), qui n'exige aucune hypothèse.

» Pour un moteur donné, la seule quantité susceptible de varier d'après le mode de combustion est la température finale T_1. Pour la calculer, il faut connaître, en fonction du volume variable V, la proportion x de gaz brûlé. L'énergie J du mélange partiellement brûlé a pour expression $J = (1 - x)U + xW$ et le principe de l'équivalence donne la relation $dJ + Apdv = 0$, équation différentielle entre les quatre variables p, v, T, x. Si l'on admet, d'autre part, que le mélange, avant comme après la combustion, se comporte comme un gaz parfait, il suffit d'appliquer la loi du mélange des gaz pour avoir, entre les quatre variables, une équation finie, linéaire en x, et puisque x est, par hypothèse, une fonction connue de V on peut, par l'élimination de la pression, obtenir entre T et V une équation différentielle dont l'intégration fournit la température finale T_1 (correspondant au volume V_1), connaissant la température initiale T_0 et le volume initial V_0 ; le problème se trouve ainsi résolu. Dans le cas particulier de la combustion explosive, x passe brusquement de zéro à l'unité au moment de l'explosion et demeure constant dans le reste du parcours, circonstance qui facilite évidemment les calculs. »

Sur la force électrique due à la variation des aimants; par **E. Carvallo**, *Comptes rendus* t. CXXXIV, p. 1349-1352.

Pour définir la *force électrique* en un point, Maxwell place en ce point un petit corps, *corps d'épreuve*, qui est préalablement chargé d'une petite quantité d'électricité e. Le corps est poussé par une force F. La limite de $\frac{F}{e}$ quand les dimensions du corps d'épreuve et sa charge tendent vers zéro est, pour Maxwell (*Traité d'Électricité*, n° 44), la force électrique au point considéré.

Cette définition comporte des difficultés pratiques quand on veut l'appliquer à l'exploration d'un champ électrique faible. M. Carvallo les précise, montre le rôle perturbateur qu'elles jouent dans l'expérience de M. V. Crémieu sur le champ électrique dû à la variation d'un aimant et fait voir que le résultat négatif de cette expérience, qui passe pour contraire aux idées de Maxwell sur l'électricité, confirme la théorie que Carvallo a exposée récemment [1] et qui est conforme aux principes essentiels de Maxwell.

[1] Carvallo, *Comptes rendus*, 30 décembre 1901 et 6 janvier 1902 ; *Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 110 et 147, 18 et 25 janvier 1902. Voir aussi le fascicule 19 de *Scientia* : L'électricité déduite de l'expérience et ramenée aux principes des travaux virtuels, par L. Carvallo, *C. Naud*, éditeur, mai 1902.

« I. *Difficultés relatives à la mesure de la force électrique.* — Dans les idées de Faraday et Maxwell, dire que le corps a été préalablement électrisé, c'est dire que des tubes de force partent de sa surface pour aller à d'autres corps chargés en signe contraire. Passer ceux-ci sous silence c'est supposer que les corps sous-entendus sont assez éloignés et assez peu chargés pour satisfaire à deux conditions :

» 1° Les attractions qu'ils exercent sur le corps d'épreuve ne troublent pas sensiblement son équilibre ;

» 2° Leur influence sur le champ étudié est négligeable.

» Enfin, une condition difficile à réaliser, mais nécessaire à une mesure correcte, c'est que la charge et les dimensions du corps d'épreuve soient assez petites pour n'exercer aucune influence sensible sur le champ qu'on veut explorer.

» Ces conditions ne sont pas réalisées dans l'expérience de M. Crémieu.

» II. *Expérience de M. Crémieu. Son résultat négatif.* — Un anneau horizontal AA_1B_1B (le lecteur est prié de faire cette figure très simple) est formé de deux moitiés conductrices AA_1 et B_1B liées par des lames de mica A_1B_1 et BA. Il est mobile dans son plan et autour de son centre sous l'action du flux d'induction Φ d'un électro-aimant vertical qui traverse l'anneau suivant son axe. Six fois par seconde, l'électro-aimant est excité après qu'une forte charge électrique e a été déposée sur l'anneau, et la charge est enlevée avant qu'on supprime l'excitation de l'électro-aimant. Le phénomène à observer est la rotation de l'anneau. L'expérience montre que l'anneau ne tourne pas.

» III. *Interprétation inexacte de l'expérience.* — D'après les idées de Maxwell, l'excitation de l'électro-aimant produit dans l'air environnant un champ électrique, et la force électrique de ce champ est réglée par la condition que son intégrale suivant un circuit fermé est égale à la force électromotrice qui est induite dans ce circuit par l'excitation de l'électro-aimant. Par raison de symétrie, elle est également distribuée tout autour de l'aimant quand l'anneau est enlevé.

» M. Crémieu pense appliquer la définition de la force électrique en admettant que chaque élément de l'anneau chargé est poussé par une force proportionnelle à sa charge et à la *force électrique qu'offrirait le champ au point où est cet élément si l'anneau était enlevé.* Avec cette hypothèse, les forces électriques développées par l'électro-aimant devraient faire tourner l'anneau sous l'action d'un couple moteur moyen égal à $e \times 6\,\Phi$.

» L'hypothèse est fausse, car le corps d'épreuve est loin de satisfaire aux conditions de la définition : il exerce une influence prépondérante sur la force électrique due à l'excitation de l'électro-aimant, l'annulant le long des parties métalliques pour la concentrer dans les coupures. Comme il est montré ci-dessous [1],

---

[1] ANALYSE DE L'EXPÉRIENCE PAR LES LOIS DE KIRCHHOFF. — L'anneau est sensiblement un tube de courant. Appliquez-lui les deux lois de Kirchoff, avec la généralité qu'elles comportent, savoir :

« 1° *Le flux du courant total à travers toute surface fermée est nul.*

« 2° *La force électromotrice totale dans tout circuit fermé est nulle.*

» Vous trouverez les résultats suivants, en supposant d'abord que l'anneau n'a pas été électrisé :

» Les coupures A_1 B_1 et BA présentent des forces électriques considérables, sensiblement *uniformes* et *égales :* l'intégrale le long des coupures en est à peu près égale à la force électromotrice induite par l'électro-aimant, car celle de Joule (— *ri*) dans l'anneau est négligeable. Les extrémités A_1 et B_1 s'attirent, les extrémités A et B s'attirent et les attractions sont égales. Mais les demi-anneaux sont liés par les lames de mica : de ce fait, l'anneau ne bougera pas. Quant à la force électrique le long du contour de l'anneau, elle ne peut en aucune façon le faire tourner. Examinons-là cependant. Sa composante tangentielle est donnée par la loi que j'ai énoncée sur les surfaces de discontinuité et qui est une conséquence de la seconde loi de Kirchhoff généralisée, savoir :

» *La composante tangentielle de la force électromotrice est continue.*

» Or, la force électromotrice, c'est celle de Joule dans le métal, c'est la force électrique changée de signe dans l'air. La force de Joule étant très faible, la composante tangentielle de la force électrique le long de l'anneau est aussi très faible. La composante normale est insensible en l'absence de charge électrique préalable.

» Tenons compte maintenant de la charge préalablement donnée à l'anneau. Elle est répartie sur le contour de l'anneau. De là des forces normales à l'anneau, considérables, mais de moment nul. Les composantes tangentielles demeurent insensibles. Quant aux coupures, elles ont pris des charges électrostatiques très faibles, d'autant plus faibles que les moitiés métalliques sont plus rapprochées, de sorte que la force électrique n'y est pas sensiblement changée par la charge préalable ; elle reste à peu près *uniforme*. Les conclusions relatives à l'attraction des demi-anneaux et à l'immobilité du sys-

l'immobilité de l'anneau est prévue par la théorie.

» IV. *Conclusions.* — L'expérience de M. Crémieu devait donner un résultat négatif. La constatation en était rendue difficile par les attractions dues à la forte électrisation de l'anneau. Elle fait honneur à l'habileté et à la sincérité de M. Crémieu, qui cherchait et espérait trouver la rotation de l'anneau. Elle confirme nos vues sur l'électricité. Si elle rectifie une idée fausse qui a pu se glisser dans l'interprétation de la pensée de Maxwell, elle n'atteint aucun point essentiel de sa théorie. ».

Sur les variations de la lumière zodiacale, par **L. Décombe**, *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1352-1353.

La lumière zodiacale, dont la nature a été si longtemps discutée, semble devoir être considérée comme le résidu de la nébuleuse solaire primitive dont la condensation progressive a engendré, comme on sait, les divers astres de notre système. M. Decombe explique ses variations par des ondulations électromagnétiques :

« Si l'on admet, dit-il, que, pour une raison quelconque, l'électricité ait été placée initialement hors d'équilibre dans un tel système, on sera obligé d'admettre, vu la faible résistance de ce milieu très raréfié, que, pour atteindre sa position d'équilibre, l'électricité doit exécuter dans ce système une série d'oscillations dont l'amortissement ne peut qu'être extrêmement faible.

» Cette manière de voir revient, si l'on veut, à assimiler le disque zodiacal à une plaque vibrante, les oscillations étant toutefois de nature électromagnétique.

» Admettons que l'astre central, le Soleil, soit un centre de vibration et considérons la vibration fondamentale donnant lieu à une ligne nodale à la périphérie du disque supposé circulaire. Si l'on représente par D le rayon de ce disque, par V la vitesse de la perturbation et par T sa période nous aurons

$$D = VT \qquad (1)$$

» Devons-nous prendre V = 300 000 km par seconde, c'est-à-dire à la célérité de l'onde électromagnétique ? Si l'on remarque que le disque zodiacal n'est pas un conducteur ordinaire supportant l'électricité comme le fait, par exemple, un condensateur, mais un milieu où la matière extrêmement raréfiée se présente vraisemblablement à l'état d'*ions* libres, on sera conduit à prendre pour V la valeur de 300 km déterminée par Thomson pour la vitesse des ions dans la décharge cathodique.

» Si l'on fait alors T = 11 ans dans la formule (1), on trouve pour D une valeur dont l'ordre de grandeur est entièrement comparable à celui des dimensions de la nébuleuse solaire. »

AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS

Séance du 24 janvier 1902 (1)

Le choix des moteurs électriques pour le service des tramways, par **W.-P. Potter**. D'après *Transactions*, t. XIX, p. 157-165, n° de février 1902.

L'auteur se propose de faire ressortir quelques variations qui différencient les conditions moyennes admises dans la communication de M. Hutchinson (2) des conditions pratiques dans lesquelles peut fonctionner un moteur de tramway.

Bien qu'il soit établi que l'énergie requise pour effectuer un même parcours puisse présenter des différences de 20 p. 100 suivant l'habileté du conducteur, il n'en est pas moins vrai que pour un calcul serré, il est avantageux de se servir de la caractéristique véritable du moteur adopté, plutôt que d'une courbe moyenne, moins à cause de la différence de puissance due à la considération de la caractéristique seule, qu'à cause de la forme de la courbe des vitesses qui différera beaucoup, à la vitesse à vide, avec les différents moteurs.

Le taux de 130 p. 100 de la vitesse à laquelle

tème ne sont pas changées. Pour les changer, pour avoir un couple moteur notable, il faudrait avoir de fortes charges préalables aux coupures. Le moyen de les obtenir est de remplacer le couple de demi-anneaux par un seul demi-anneau ou par un secteur, et l'on n'a aucun intérêt à augmenter l'angle d'ouverture du secteur. En le prenant petit, on se rapprocherait du petit corps d'épreuve de Maxwell. L'expérience pourrait devenir correcte et donner un résultat positif. »

(1) Voir *Écl. Élect.*, t. XXXI, p. 228 et 468, 10 mai et 28 juin 1902.

(2) *Écl. Élect.*. t. XXXI, p. 468, 28 juin 1902.

les résistances extérieures sont supprimées et admis par M. Hutchinson pour la vitesse à vide suppose que le courant est coupé avant que la voiture ait atteint sa pleine accélération et ce fait dépend entièrement des exigences du service. L'auteur estime que ce taux peut varier de 150 à 200 p. 100, et que, par conséquent, des moteurs faiblement saturés peuvent doubler la vitesse de la voiture sur la caractéristique;

L'auteur n'admet pas non plus le chiffre de 8,6 p. 100 comme pertes dans le cuivre; ces pertes peuvent varier de 5 à 12 p. 100, des grandes puissances aux plus faibles; et différents moteurs de même puissance présentent des variations de 30 à 40 p. 100. Il critique de même le nombre 3,4 p. 100 pour la perte dans le noyau d'armature, et donne la table suivante, pour des moteurs de divers constructeurs.

Pertes en pour 100 de la puisssance fournie, à charge normale.

PUISSANCE commerciale	EXCITATION RI^2	ARMATURE			PERTES totales
		RI^2	Noyau	Total	
chevaux					
38	4,70	4,00	2,37	6,37	11,07
38	4,60	3,80	4,92	8,72	13,32
50	4,20	2,20	3,45	5,55	9,75
50	4,33	3,36	4,17	7,53	11,86
50	3,25	2,80	4,80	7,60	10,82
75	3,20	2,50	2,93	5,43	8,63
125	2,48	2,40	2,12	4,52	7,00

L'auteur estime que le chiffre de 9,4 p. 100 de pertes, basé sur une vitesse maxima de 130 p. 100, varie également suivant les conditions du service, entre 9,6 p. 100 pour des arrêts fréquents et 3,4 p. 100 pour un parcours à arrêts peu nombreux. Tandis que, dans certains moteurs, les pertes dans le noyau demeurent constantes à 5 p. 100 près quand le moteur passe de la vitesse à pleine charge à la vitesse à vide, ces variations atteignent 100 p. 100 dans d'autres moteurs.

L'évaluation du temps que le moteur met à atteindre sa température peut varier de 20 à 50 p. 100 du temps total et le chiffre de 25 p. 100 de M. Hutchinson est une moyenne très large. Étant donné les variations existant entre les différents moteurs, l'auteur ne pense pas que l'on puisse compter sur une approximation supérieure à 100 p. 100, en basant sur des moyennes l'évaluation de la perte d'énergie dans le moteur d'après sa température. La moyenne de 3 p. 100 pour la puissance rayonnée par un moteur varie également de 2,5 à 3,5 p. 100, et on ne peut en déduire la distribution des pertes dans les inducteurs et l'induit dont dépend essentiellement l'échauffement.

La base commerciale du choix de la puissance d'un moteur, c'est-à-dire la puissance en chevaux donnant une élévation de température de 75° C après une marche d'une heure à 500 volts, à la station avec couvercles ouverts, a été adoptée par l'auteur il y a quelques années, et constitue le meilleur élément d'appréciation de la valeur mécanique et électrique d'un moteur. Une élévation de 75° C. doit être considérée comme la plus haute que le moteur puisse supporter, le maximum ordinaire étant de 65° et la moyenne en service continu de 55°.

L'échauffement équivalent ou la reproduction d'un régime donné en faisant fonctionner le moteur avec une perte RI^2 équivalente dans l'armature et avec un voltage donnant la perte moyenne dans le noyau, sera suffisamment correcte, pourvu que les ampères effectifs du service donné soient bien déterminés et appliqués au voltage voulu.

Une telle méthode suppose qu'il y a, pour un service courant, un certain voltage et un certain courant communs à tous les moteurs de même capacité et qui donneront le même échauffement avec la même répartition, et que l'élévation de température ainsi obtenue sera la même que dans le service réel.

Les variations dans les caractéristiques conduisent à la conclusion que l'on ne peut adopter un courant commun pour divers moteurs destinés à un service donné, parce que la vitesse, le couple et l'ampérage ne coïncident pas pour les différents moteurs.

Quant aux pertes de courant elles se répartissent en courants de Foucault variant comme le carré de la vitesse ou du voltage, et en hystérésis, variant avec la vitesse ou le voltage, et le rapport de ces pertes varie considérablement suivant les moteurs.

Pour que le même voltage et le même courant puissent être appliqués à des moteurs de type et de construction différents en vue du

même service, il faut que la réduction de vitesse, le rendement, la saturation soit identiques, que la courbe des pertes dans le noyau soit la même, avec la même proportion de courants de Foucault et de pertes par hystérésis.

Une telle uniformité n'existe point, cela va sans dire; la table suivante montre les différences que présentent les moteurs de constructeurs divers, avec un courant et un voltage donnant les pertes avec leur répartition propre, la réduction des engrenages étant disposée pour donner le même graphique de vitesse. L'accélération est supposée égale à 1,5 mille par heure, par seconde dans chaque cas (0,70 m par seconde par seconde).

DISTANCE 227 M	TEMPS 54,4 SECONDES	
Puissance commerciale	Ampères	Volts
35 chevaux	35,9	310
35 »	33,6	344
38 »	32,4	372
38 »	33,4	351
DISTANCE 1609 M	TEMPS 227 SECONDES	
35 chevaux	24,6	478
35 »	22,4	452
38 »	22,4	458
38 »	23,4	377

Ces valeurs du courant et du voltage varient considérablement avec l'inclinaison des rampes et des graphiques de vitesse différents.

Ces nombres montrent suffisamment le peu de valeur d'une détermination basée sur l'hypothèse d'un voltage arbitraire.

Cette méthode suppose d'ailleurs que l'élévation et la répartition de la température prises sur un moteur en chantier se conservent sur le moteur en service. L'expérience prouve le contraire. Les différences que l'échauffement présentera en service dépendent, en effet, de la ventilation, du nombre d'arrêts qui empêcheront la continuité de la ventilation.

Il est nécessaire, pour arriver à une détermination exacte d'étudier les pertes et l'échauffement dans chaque cas particulier.

D'une caractéristique des vitesses basée sur l'accélération et sur la vitesse maxima requises pour un graphique donné, on peut déduire la réduction d'engrenages, l'enroulement et la commutation. Mais cette courbe des vitesses diffère pour chaque parcours, en raison des distances variables à franchir, des ralentissements aux courbes, et de l'effet des rampes. Une fois la courbe des vitesses déterminée pour chaque parcours, les pertes dans les inducteurs et l'induit peuvent être établies au moyen de la résistance et des courbes de pertes dans le noyau sous les différentes conditions de marche.

Pour en déduire l'échauffement, on montera le moteur sur la voiture en le faisant fonctionner à différents graphiques et à différentes distances en enregistrant soigneusement la courbe des vitesses, les volts et les ampères, et en continuant l'essai jusqu'à ce que la température soit stationnaire. On prendra la température avec un thermomètre et par la mesure des résistances avec le moteur fermé et découvert successivement. On déterminera d'après la connaissance des pertes, l'élévation de température par watt perdu dans l'inducteur et dans l'induit.

Après avoir déterminé le taux des pertes pour le service particulier étudié, on se reportera aux essais de température pour le service particulier et le taux des pertes permettra d'évaluer l'échauffement par watt perdu dans l'induit et dans les inducteurs; et l'on en déduira aisément l'élévation de température pour le service proposé.

L'auteur pense que c'est là le seul procédé rationnel et exact pour déterminer la capacité d'un moteur de tramway, parce qu'il tient compte de toutes les variations.

Il termine sa communication en donnant, sous forme de table, les résultats d'essais faits en service sur un moteur de 38 chevaux, avec limite de température acceptable, avec différents arrêts par mille, différentes réductions et différents tonnages du moteur.

Le Gérant : C NAUD.

Tome XXXII. Samedi 19 Juillet 1902. 9e Année. — N° 29.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LIGNES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE A 26000 VOLTS

DE LA RÉGION DE GRENOBLE

L'importance des industries établies dans la région de Grenoble est assez connue pour nous dispenser d'en retracer le tableau.

Bornons nous seulement à rappeler que les nombreuses usines à papier et à ciment, les tissages et les filatures absorbent dans les vallées de la Romanche, du Drac et de l'Isère des milliers de chevaux-vapeur sans parler de ceux fournis par les installations hydrauliques.

Un terrain si propice à la distribution de l'énergie par l'électricité avait depuis longtemps attiré l'attention de deux ou trois sociétés de location de force motrice électrique qui s'y étaient établies et rapidement développées. Nous voulons parler de celles constituées par M. Bergès et par le baron Du Marais.

De nouvelles initiatives se sont fait jour, et comme leurs efforts ont été couronnés de succès, nous nous faisons un plaisir de donner une sommaire description des installations qu'elles viennent de créer.

Aux points de vue hydraulique et électrique, elles représentent certainement ce qui s'est fait à ce jour de plus important et de plus hardi dans le domaine du transport de force en en Europe,

La carte annexée (fig. 1), indique à Avignonnet l'emplacement de l'usine hydro-électrique de la Société Grenobloise de Force et Lumière, et à Champ, celui de l'usine de la Société hydro-électrique de Fure et Morge.

Les deux usines sont situées sur le Drac, affluent de l'Isère.

Si nous rapprochons les noms de ces deux sociétés, c'est qu'elles sont liées par un trait d'union : toutes les deux se sont adressées à la Société Franco-Suisse pour l'Industrie électrique, pour lui confier l'étude et la surveillance d'exécution de leurs installations électriques. Les dispositions adoptées marquent un pas en avant dans les progrès du transport

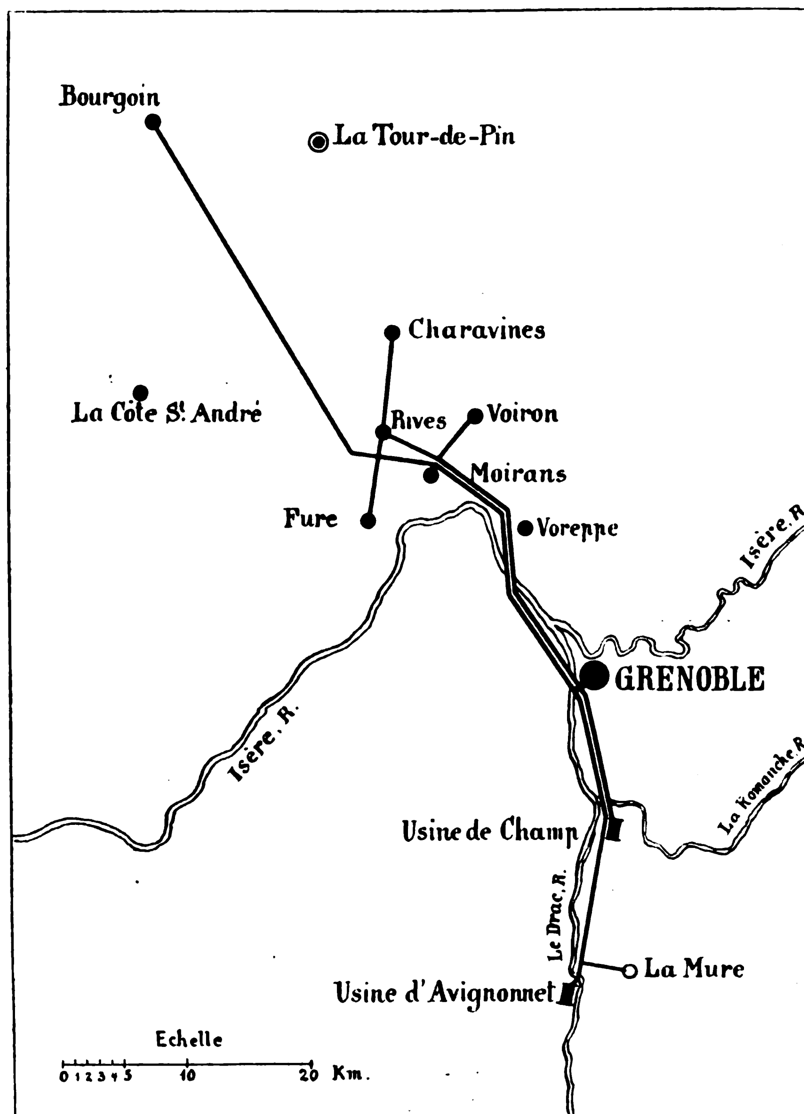


Fig. 1. — Carte des transports d'énergie de l'usine d'Avignonnet et de l'usine de Champ.

par l'électricité, et nous devons en rapporter le mérite à la Société Franco-Suisse pour l'Industrie électrique, dont le directeur est M. A. Boissonnas et l'ingénieur-conseil M. Th. Turrettini.

L'usine de la Société Grenobloise disposera bientôt de 6 unités de 1 800 chevaux sous 22 m de chute d'eau, tandis que celle de la Société hydro-électrique dispose déjà de 5 unités de 1 200 chevaux, pour une première période, fonctionnant sous 34 m de chute.

Ci-contre nous donnons une vue extérieure des deux usines (fig. 2 et 3).

La première dépend d'un barrage d'environ 20 m de retenue, tandis que la deuxième reçoit son eau sous pression par un long canal de dérivation de près de 5 km construit en tubes sous pression, partie en ciment armé et partie en tôle d'acier.



Fig. 2. — Vue de l'usine d'Avignonnet.

Les dispositions hydrauliques mériteraient pour elles-mêmes une description détaillée, qui sortirait du cadre de cette étude et nous devons nous borner à celle de la partie électrique.

Les dynamos sont du type triphasé à courants alternatifs et 50 périodes.

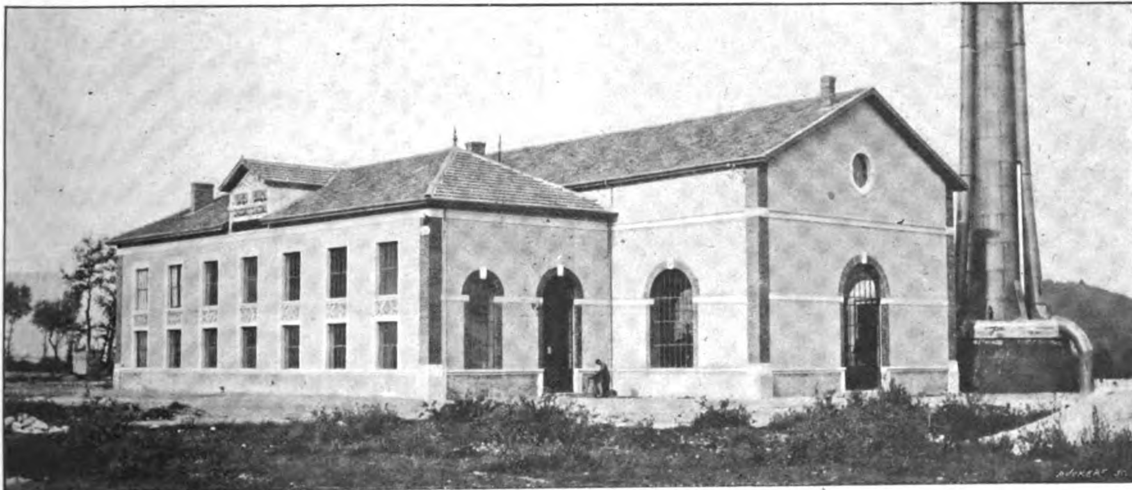


Fig. 3. — Vue de l'usine de Champ.

La caractéristique du système de distribution réside dans la possibilité de marcher sur les lignes soit à 15000 volts par couplage en triangle des transformateurs, soit à 26000 volts par couplage en étoile.

Les résultats d'une exploitation à 15000 volts étant connus depuis l'entrée en fonction

des installations de Paderno et de la Kander, c'était entreprendre un transport à 26000 volts à l'abri de tout aléa puisqu'à chaque instant, par un changement facile de couplage, il était possible de réduire le voltage dans la proportion de $\sqrt{3}$ à 1 et de revenir ainsi à une norme éprouvée industriellement.

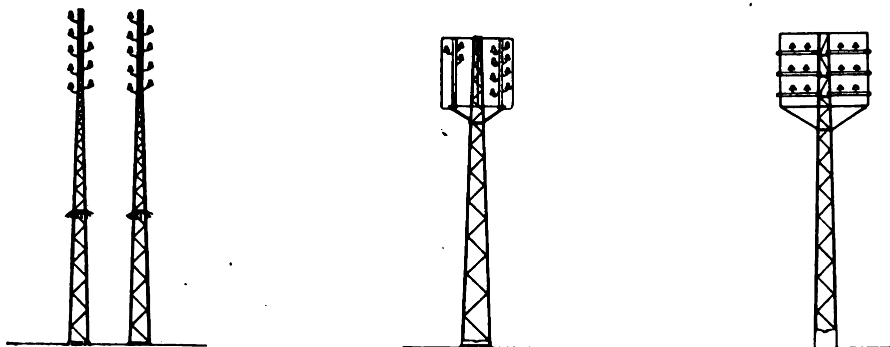


Fig. 4, 5 et 6. — Poteaux utilisés sur diverses lignes de transmission.

L'usine d'Avignonnet de la Société Grenobloise contient des alternateurs fournis par les usines du Creusot de MM. Schneider et C[ie] et actionnés par des turbines Picard et Pictet. Quant à l'usine de Champ de la Société hydro-électrique, elle renferme des alternateurs Brown et Boveri, de Baden, accouplés à des turbines Neyret et Brenier de Grenoble.

Nous n'entrerons pas dans l'étude détaillée des tableaux et départs de lignes qui se

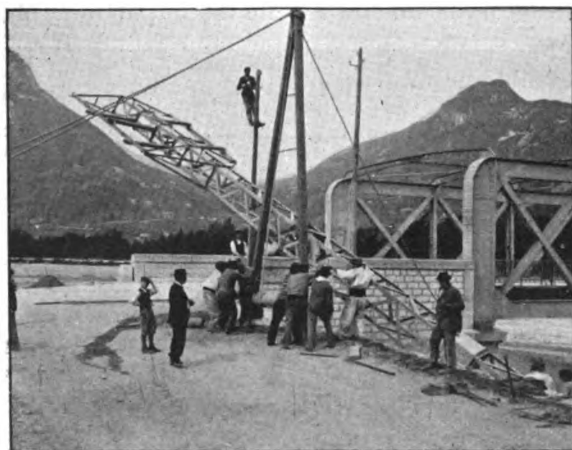


Fig. 7. — Montage de poteau.

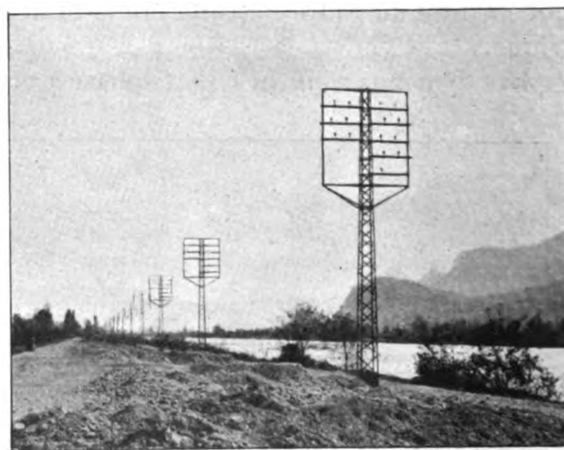


Fig. 8. — Ligne sur digue de l'Isère.

rapprochent des types connus et déjà souvent décrits, mais nous nous arrêterons aux lignes de transmission de force.

La carte (fig. 1) donne une vue d'ensemble du réseau de distribution et montre quel intérêt les deux sociétés avaient à s'entendre pour l'établissement en commun de leurs lignes de transport qui, sur près de 35 km, empruntent les mêmes routes.

Elles se sont d'elles-mêmes, par avance, conformées à l'esprit des projets de lois Berthelot et Guillain, qui prévoient la réglementation des distributions d'énergie électrique par l'octroi d'une seule concession sur chaque route avec charge de rétrocéder des licences de droits d'appui.

Par entente amiable elles convinrent de faire installer la partie commune de leurs réseaux sous le nom de la Société Grenobloise de Force et Lumière qui devint seule permissionnaire avec obligation d'accepter la pose des fils de son associée.



Fig. 9. — Ligne sur route nationale.

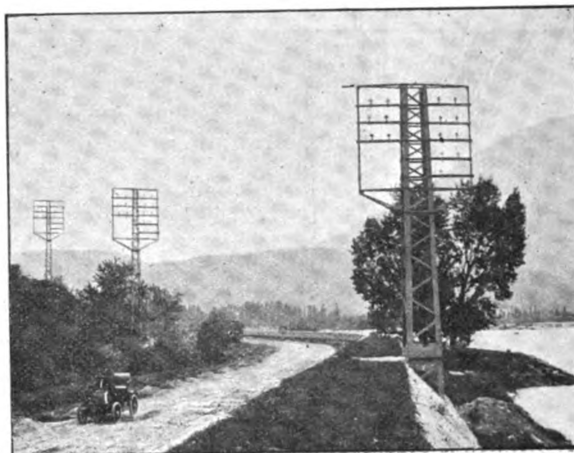


Fig. 10. — Ligne en courbe.

Les chaussées et les routes ne devenaient encombrées que d'une seule rangée de poteaux et il était possible, sans augmenter les dépenses individuelles pour lignes séparées, d'accepter un modèle de pylone métallique répondant à toutes les exigences de solidité, de durabilité et de facilités d'exploitation.

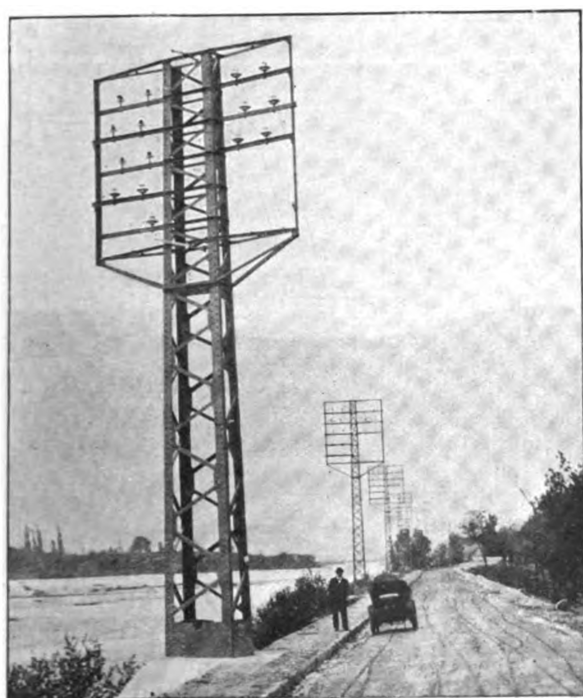


Fig. 11. — Poteau d'angle renforcé.

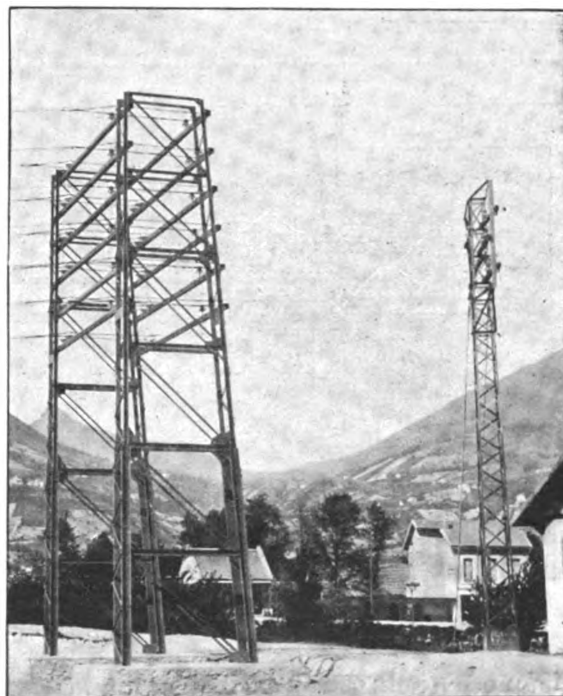


Fig. 12. — Pylone de traversée du Drac.

Deux types de poteaux avaient été créés pour permettre des réparations en cours de marche sans interrompre le service. Nous les reproduisons sous figures 4 et 5. Le premier a été installé sur la ligne de Paderno à Milan, il comporte deux lignes jumelles ; le deuxième a été choisi pour le transport Kander-Thoune. La figure 6 représente, par

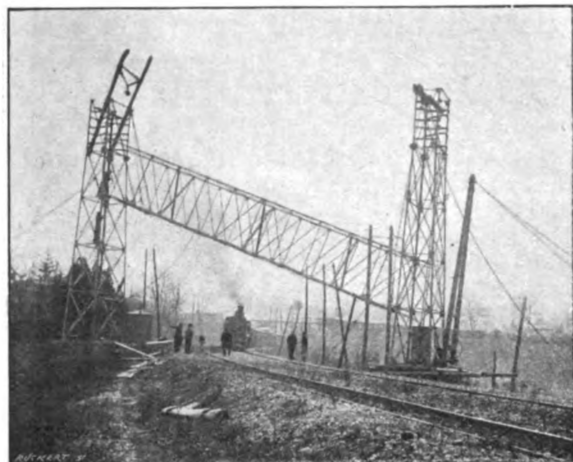


Fig. 13. — Passerelle sur chemin de fer (en montage).

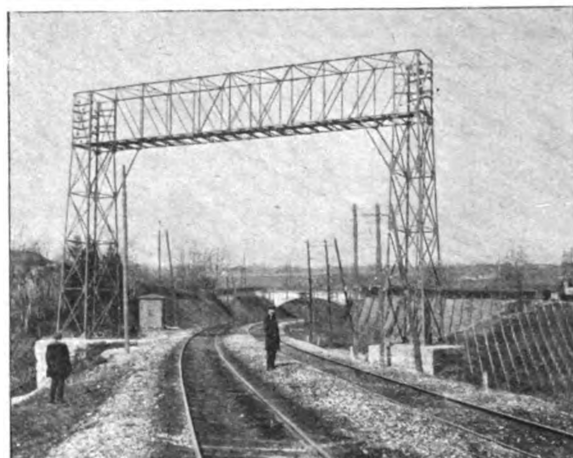


Fig. 14. — Passerelle montée.

contre, le type projeté et construit par la Société Franco-Suisse pour l'Industrie électrique. Il diffère des premiers dans plusieurs détails et permet la pose de plus de 18 fils sur un même support.

En pratique il a donné toute satisfaction ; les fils sont répartis en deux groupes de

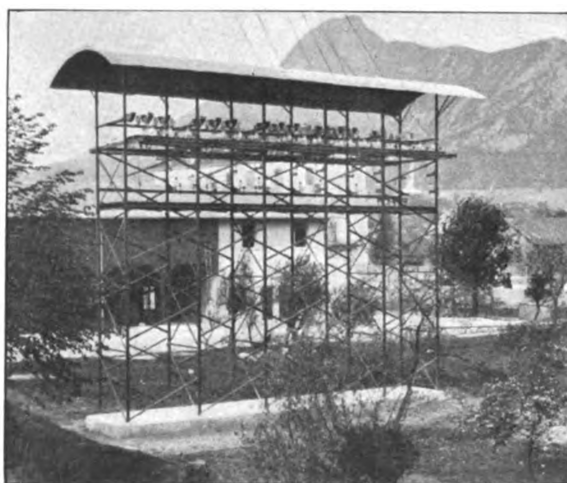


Fig. 15. — Poste de couplage à Grenoble.

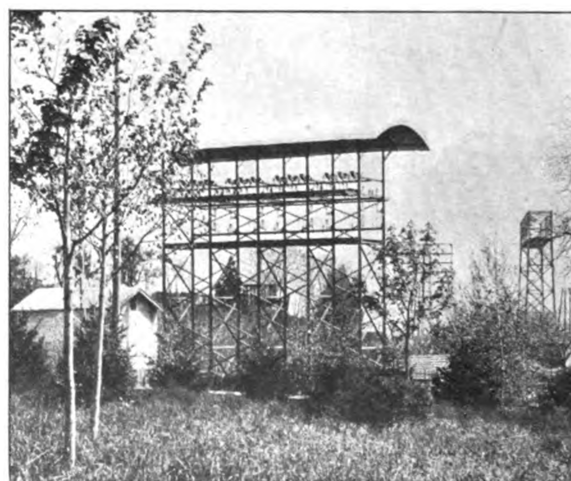


Fig. 16. — Poste de couplage en campagne.

chaque côté du corps du poteau et les groupes sont assez distants pour que l'on puisse travailler sur l'un pour réparations tandis que les fils de l'autre sont sous tension.

Il a été utilisé sur les 35 km qui séparent Champ de Moirans.

A partir de Moirans les lignes de dérivation sont montées sur poteaux de bois.

Une branche se dirigeant sur Bourgoin est encore en construction ; elle atteindra plus

de 40 km portant, avec les sinuosités de la route, à environ 100 km la distance maximale à laquelle s'effectuera le transport d'Avignonnet.

Les figures 7, 8, 9, 10 et 11 sont des vues de la ligne principale.

Les figures 12, 13 et 14 représentent deux passages difficiles, celui des traversées du Drac et de l'Isère sous 170 mètres de portée et celui du croisement d'une ligne de chemin de fer du P.-L.-M.

Il nous reste à parler des dispositifs spéciaux permettant de sectionner la ligne principale et d'isoler ainsi les parties avariées. Tous les 10 à 12 km ont été installés des postes de couplage contenant parafoudres et interrupteurs-commutateurs de fils avec maison de garde et téléphone à proximité. Nous en donnons les vues sous figures 15 et 16.



Fig. 17. — Poste de transformateurs.

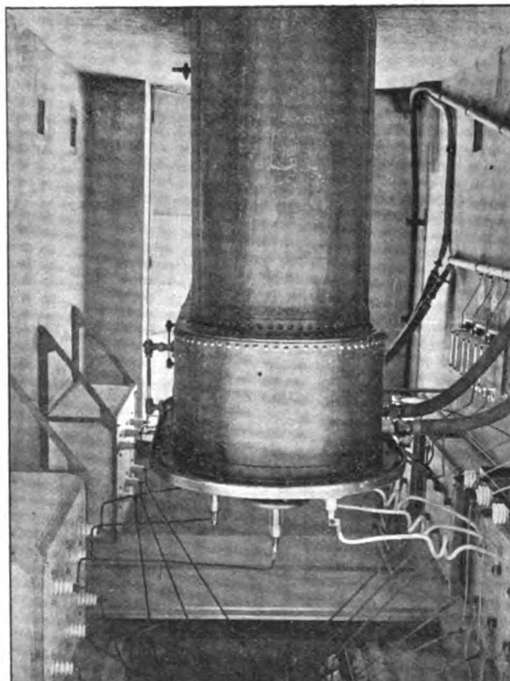


Fig. 18. — Intérieur de poste de transformation (26000 à 1000 volts).

Pour éviter tout danger pour personnes résultant de contact entre fils de ligne et poteaux à la suite de bris d'isolateurs, tous les supports ont été mis à la terre par un fil spécial connecté, de distance en distance, avec de larges plaques de cuivre disposées dans le sol dans un endroit particulièrement conducteur.

On voit qu'aucune disposition n'a été négligée pour munir la ligne de toutes les mesures de protection.

Les bons effets s'en sont déjà fait sentir et, si la dépense de premier établissement a été élevée, l'entretien est minime et le service est à l'abri des interruptions qui, trop souvent, ont été l'écueil des transports de force électriques.

Ajoutons qu'aux premiers essais de tension des lignes, qui eurent lieu en février écoulé à l'occasion de la mise en service de l'usine de Champ, aucun défaut n'a été constaté et que l'isolement a été parfait.

Dès la première journée la tension a pu être portée à 28000 volts.

***

Ce résultat nous paraissait digne d'être signalé, car il témoigne des soins apportés dans les études et le montage.

Nous donnerons encore en figure 17 une vue extérieure d'une station de transformation pour abaissement de tension de 26 000 volts à 1 000 volts, et en figure 18 une vue intérieure de la même station.

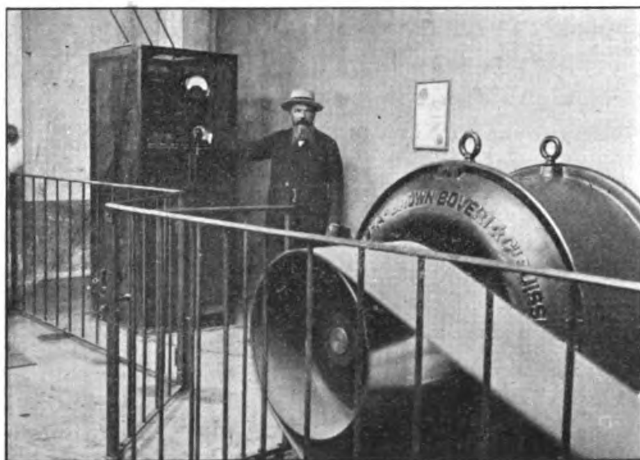


Fig. 19. — Moteur de 150 chevaux (1 000 volts),



Fig. 20. — Effet de fonctionnement de parafoudre.

La figure 19 représente un moteur de 150 chevaux à 1 000 volts avec son installation qui frappe par sa simplicité.

Pour terminer, nous reproduisons (fig. 20) une photographie qu'il a été possible de prendre pendant le jeu d'un parafoudre monté sur une ligne sous tension à 26 000 volts.

J. Reyval.

TRANSPORT D'ÉNERGIE SAINT-MAURICE-LAUSANNE

SYSTÈME THURY [1]

LIGNES

La ligne de transport de Saint-Maurice à Lausanne a une longueur de 58 km. Elle traverse le Rhône à l'embouchure du canal de fuite, puis le Jura-Simplon, sous le pont des Paluds, longe le grand canal de la plaine du Rhône et traverse une seconde fois le Jura-Simplon près de Villeneuve. De là elle quitte la plaine, monte à Glion à travers les bois de Veytaux et de Chillon, passe à Sonzier, redescend à Gilamont près de Vevey, remonte à Chexbres, traverse la ligne de chemin de fer Lausanne-Berne sur le tunnel pour arriver enfin à Belmont et de là à l'usine de Pierre-de-Plan à Lausanne. Elle fait un crochet de 2 km pour venir alimenter un moteur de 400 chevaux à la fabrique de ciment de Paudex à quelques kilomètres de Lausanne.

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 12 juillet, p. 41.

Elle est constituée par un circuit unique formé de deux câbles en cuivre de 150 mm² de section totale.

Chacun des conducteurs est supporté par des isolateurs en porcelaine montrés sur la figure 18. Ces isolateurs sont à doubles cloches et formés d'une partie extérieure à triple cloche et d'une partie intérieure dans laquelle s'emboîte la ferrure fixée par de l'étoupe imprégnée de minium. Les deux cloches sont également séparées entre elles par un mastic de composition analogue.

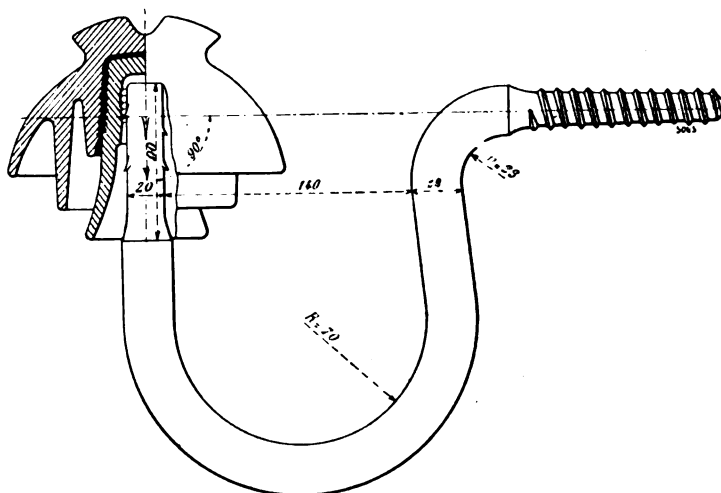


Fig. 18. — Isolateur de la ligne de Saint-Maurice-Lausanne.

La ligne est supportée par des poteaux en bois, et ceux-ci, dans les parties marécageuses, sont placés dans un gros bloc de béton enterré et reposant sur un plancher en bois.

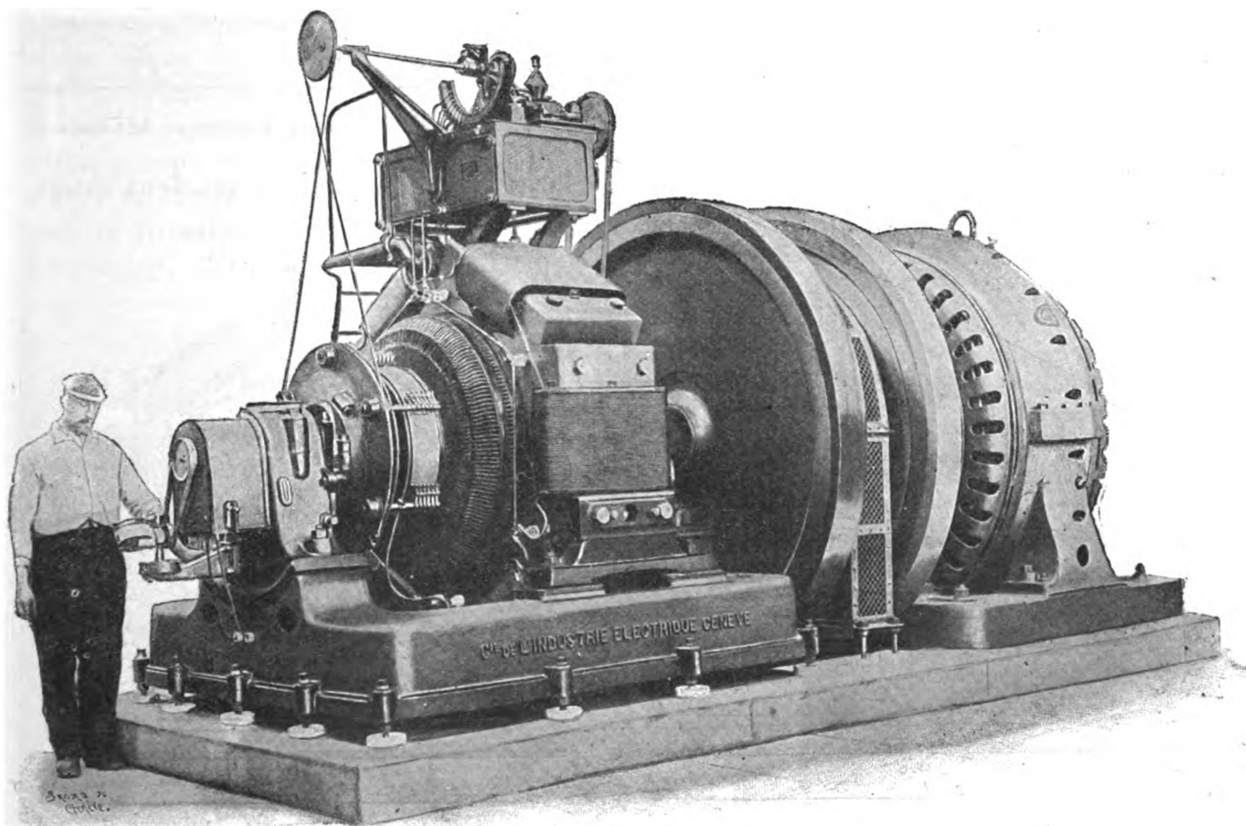


Fig. 19. — Moteur-série de 400 chevaux, système Thury, accouplé à un alternateur triphasé à 3 000 volts.

Outre les deux conducteurs qui constituent le circuit de transport à courant continu et

à haute tension, la ligne porte un circuit téléphonique constitué par deux fils de bronze de

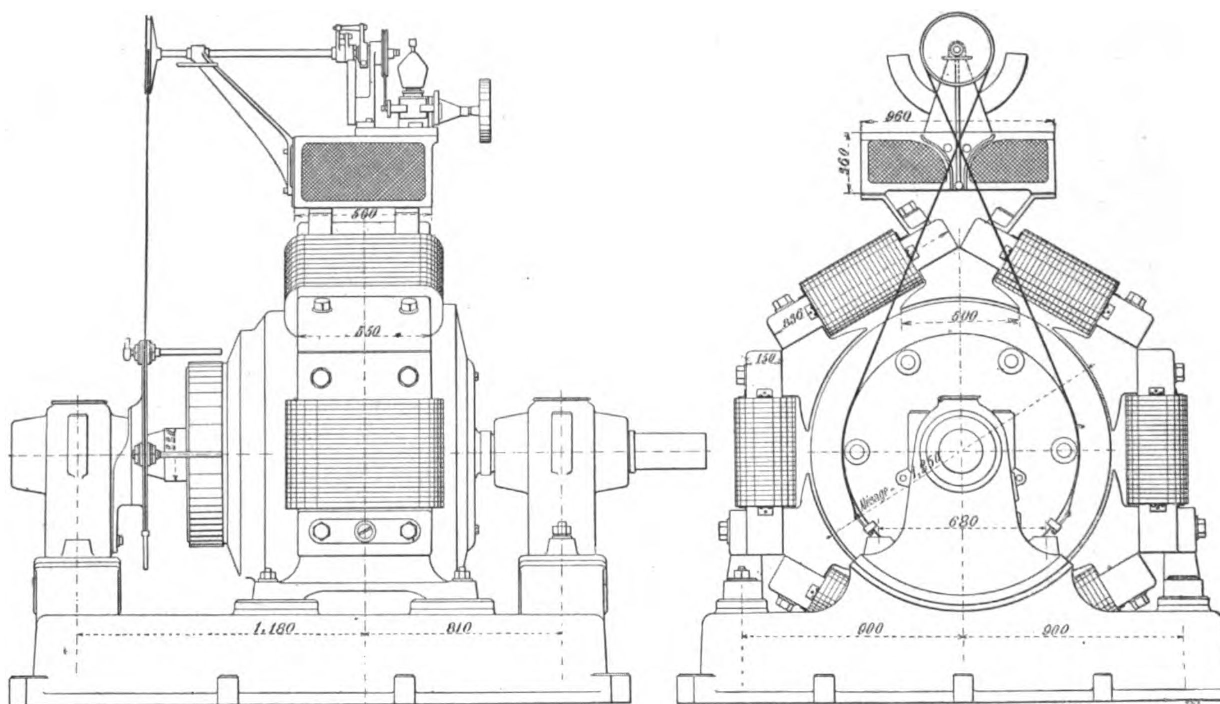


Fig. 20 et 21. — Vues d'ensemble d'un moteur Thury de 400 chevaux de la Cie l'Industrie Électrique de Genève.

3 mm de diamètre. La ligne n'a d'autres parafoudres que ceux placés à ses deux extrémités.

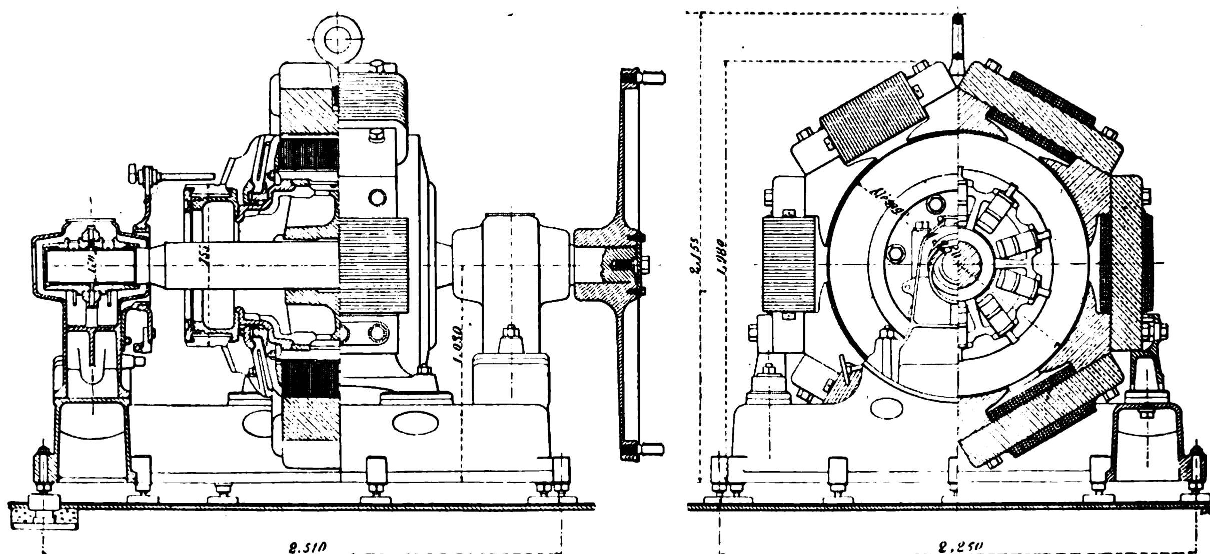


Fig. 22 et 23. — Vues et coupes partielles d'un des moteurs Thury de 400 chevaux.

La résistance d'isolement de la ligne a été mesurée à la tension de 20000 volts continu entre les deux conducteurs. Le courant qui passait était de 0,003 ampère, ce qui donne

une résistance d'isolement de $\frac{20000}{0{,}003} = 6{,}66$ mégohms. Cette mesure a été faite à la température de 12° C. le lendemain d'un jour de pluie.

La résistance de la ligne est de 13 ohms ce qui conduit à une perte de moins de 10 p. 100.

Retour par la terre. — Des essais de retour par la terre seront tentés avec cette installation. Jusqu'ici ces essais n'ont pu être faits d'une façon complète, on a dû se contenter de faire un essai de court-circuit qui a permis de prendre une valeur de la résistance du circuit de retour par la terre, résistance qui ne dépend que des résistances de contact des terres.

A Saint-Maurice, on a employé une seule terre constituée par des électrodes en fer, enterrées dans un lit de coke.

A Lausanne, on a dû employer un certain nombre de terres groupées en parallèle; ces terres furent toutefois insuffisantes et l'on fut obligé de réunir un des pôles à la canalisation d'eau de la ville. Dans ces conditions la résistance du circuit de retour a été trouvée suffisamment faible pour permettre, en cas de nécessité, l'emploi de la terre pour le retour du courant.

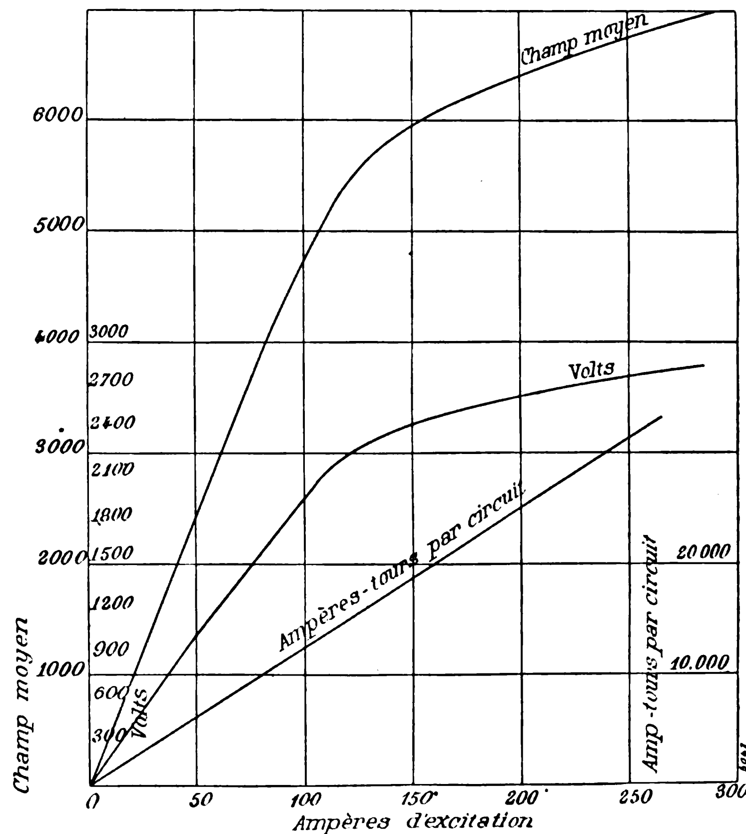


Fig. 24. — Caractéristique à vide et courbe du flux utile d'une dynamo réceptrice Thury de 400 chevaux.

STATION RÉCEPTRICE

A l'usine réceptrice de Pierre-de-Plan à Lausanne, il n'y a à l'heure actuelle que cinq moteurs série d'installés sur dix. Les cinq autres seront mis en place dans le courant de cette année au fur et à mesure des besoins.

Sur les cinq moteurs installés quatre sont accouplés directement à des alternateurs destinés à la distribution de l'énergie électrique à deux circuits spéciaux, l'un pour l'éclairage et l'autre pour la force motrice et servant à la fois pour la ville de Lausanne et la banlieue.

Un de ces groupes est représenté sur la photographie, de la figure 19.

Deux de ces alternateurs peuvent être également couplés à des moteurs à vapeur Sulzer destinés à former des moteurs de réserve.

Le cinquième moteur est accouplé à une génératrice de traction de 400 chevaux sous 600 volts du type Thury.

L'installation est complétée par une deuxième génératrice de traction Thury et par une batterie d'accumulateurs avec survolteur-dévolteur Thury.

Les moteurs série de la station de Pierre-de-Plan, à Lausanne, (fig. 20 à 23) sont d'une

puissance de 400 HP et absorbent 150 ampères sous une tension de 2 100 volts. Leur vitesse constante est de 300 tours par minute.

Ces moteurs sont du même type que les génératrices de Saint-Maurice ; ils n'en diffèrent que par la longueur de l'induit, Le collecteur et le bobinage induit sont identiques à ceux des génératrices. L'inducteur est ici en deux séries en parallèle, au lieu de six sur les génératrices.

La vitesse est maintenue constante par un régulateur Thury qui agit par décalage des balais jusqu'à 1 300 ou 1 400 volts, soit environ les 6/10 de la puissance du moteur; plus loin, le régulateur intercale une résistance dans un circuit monté en dérivation sur les inducteurs de manière à renforcer l'excitation.

INDUCTEURS	GÉNÉRATRICES	MOTEURS
Nombre de pôles inducteurs	6	6
Diamètre d'alésage de l'inducteur	125 cm	125 cm
Nature du métal des pièces polaires	acier	acier
Forme des pièces polaires	rect.	rect.
Longueur utile des pièces polaires suivant l'axe	70 cm	55 cm
Largeur des pièces polaires	50 cm	50 cm
Surface d'une pièce polaire	3 500 cm^2	2 750 cm^2
Nature du métal des noyaux polaires	acier	acier
Forme de la section des noyaux polaires	rect.	rect.
Longueur de la section des noyaux polaires	70 cm	55 cm
Largeur de la section des noyaux polaires	15 cm	15 cm
Section des noyaux polaires	1 050 cm	825 cm^2
Hauteur des noyaux polaires	83,6 cm	83,6 cm
Enroulement série. Nombre de bobines	6	6
Enroulement série. Nombre de spires par bobine	700	250
Enroulement série. Nombre de circuits en parallèle	6	2
Enroulement série. Diamètre du cuivre	5 mm	8
Enroulement série. Section du cuivre	19,6 mm^2	50
Enroulement série. Densité de courant	1,87 amp : mm^2	1,5 amp : mm^2
Enroulement série. Résistance du circuit	0,20 ω	0,20 ω
Enroulement série. Poids du cuivre	1 450 kg	»
Poids du cuivre inducteur par kilowatt	4,3 kg	»
Poids de l'inducteur sans le bâti	7 772 kg	»

INDUIT	GÉNÉRATRICES	MOTEURS
Entrefer simple	12,5 mm	12,5 mm
Diamètre de l'induit dans l'entrefer	122,5 cm	122,5 mm
Vitesse tangentielle	19,3 m : s	19,3 m : s
Hauteur radiale des tôles induites	17 cm	17 cm
Largeur totale de l'induit	71,5 cm	56,5 cm
Genre de l'enroulement induit	tambour série	tambour série
Nombre de sections de l'induit	570	570
Nombre de spires par section	2	2
Nombre total de conducteurs (en trois couches)	2280	2280
Nature des conducteurs induits	fil	fil
Diamètre des conducteurs induits	4,7 mm	4,7 mm
Section des conducteurs induits	17,3 mm^2	17,3 mm^2
Densité de courant	4,3 a : mm^2	4,3 a : mm^2
Nombre de circuits en parallèle sous les balais	2	2
Résistance de l'induit entre les balais, à 20°	0,24 ω	0,2 ω
Poids du cuivre induit (enroulement seul)	150 kg	125 kg
Poids du cuivre induit par kilowatt	0,44 kg	0,4 kg
COLLECTEUR		
Nombre de lames du collecteur	570	570
Diamètre du collecteur	75,5 cm	75,5 cm
Largeur du collecteur	14 cm	14 cm
Nature des balais	charbon	charbon
Nombre de lignes de balais	4	4
Nombre de balais par ligne	5	6
Surface d'appui d'un balai	3 cm^2	3 cm^2

A l'arrêt, les balais sont calés au milieu des pôles ; leur course totale est d'un peu moins d'un demi pôle.

Les écarts de vitesse en service courant actuel n'excèdent pas comme amplitude double 1 p. 100, soit 3 tours sur 300 tours.

Les principales constantes de construction des génératrices de Saint-Maurice et des moteurs de Lausanne sont réunies dans le tableau de la page précédente.

La caractéristique à vide des moteurs de 400 chevaux de l'usine réceptrice est représentée sur la figure 24 qui reproduit également la courbe du flux dans l'induit.

Tous les moteurs ont subi exactement les mêmes épreuves de tension que les génératrices, leur construction étant du reste absolument semblable. Chaque moteur est muni d'un volant d'un poids total de 3800 kg. La jante de ce volant a un diamètre de giration d'environ 2,300 mm et pèse 2 000 kg. Un même volant est monté sur chacun des alternateurs actionnés par ces moteurs.

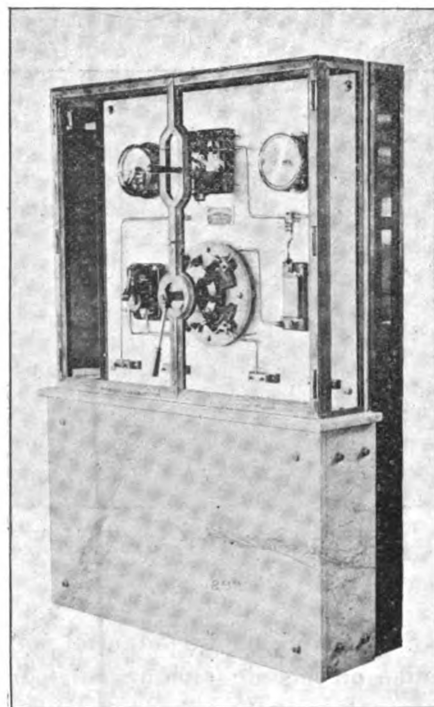


Fig. 25. — Tableau d'un moteur série Thury de 400 chevaux.

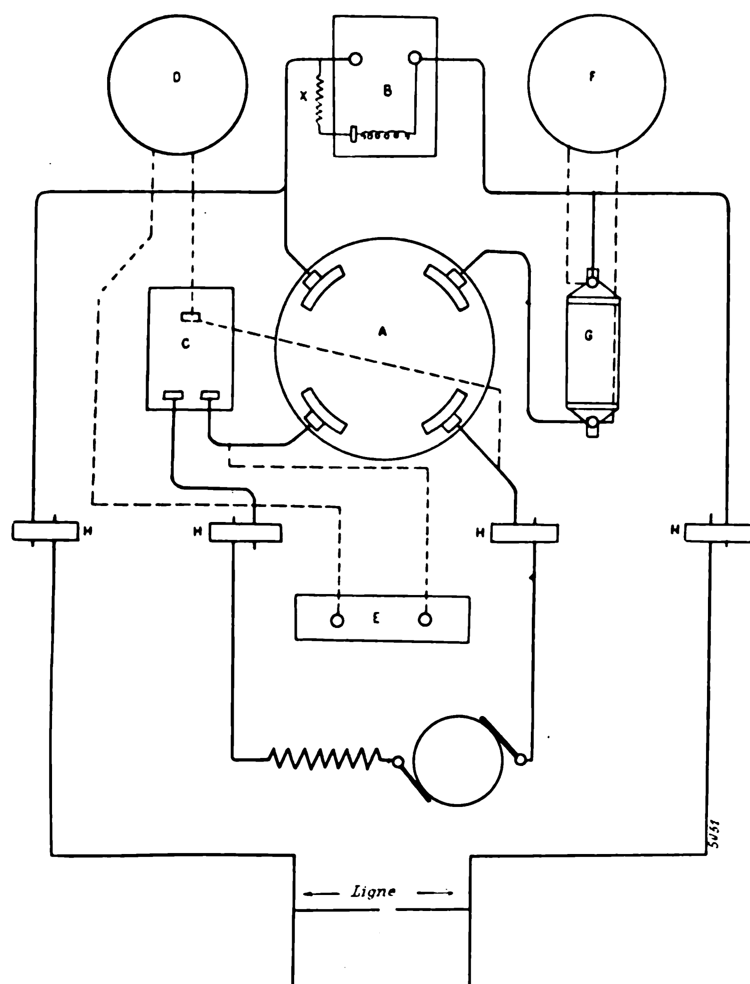


Fig. 26. — Schéma des connexions d'un tableau de moteur-série Thury.

Chacun des moteurs a un petit tableau de mise en marche représenté sur la figure 25 et dont la figure 26 donne un schéma des diverses connexions au moteur et à la ligne.

Ce tableau se compose d'un voltmètre, d'un ampèremètre, d'un interrupteur de court-circuit manœuvrable à la main, d'un pare-étincelle et d'un déclancheur automatique de tension.

Génératrice à 25 000 volts. — Tous les essais sous tension des isolants et de la ligne

ont été faits. comme nous l'avons dit, avec une dynamo de 25000 volts capable de fournir un ampère.

Les figures 27 et 28 montrent cette machine et son inducteur.

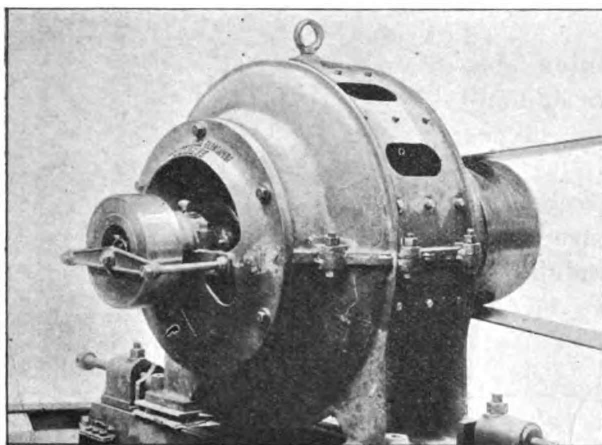


Fig. 27. — Dynamo à 25 000 volts système Thury pour les essais des lignes.

Cette génératrice à courant continu haute tension tourne à la vitesse de 600 tours par minute. Elle est à deux pôles intérieurs tournants. L'induit qui est fixe et extérieur porte 48 bobines de 500 spires de fil de 0,22 mm² de section. La machine qui est capable de débiter 1 ampère à 25 000 volts, a une résistance intérieure d'induit de 700 ohms. Le collecteur est composé de 96 segments isolés à l'air. Il est fixe et le courant y est collecté au moyen de deux petits pinceaux métalliques qui glissent à l'intérieur de sa surface. La commutation est facilitée par l'emploi de condensateurs branchés en dérivation entre chacune des lames du collecteur. Le diamètre d'alésage de l'induit est de 58 cm et la largeur de l'induit de 30 cm.

La différence de potentiel moyenne entre lames est de 520 volts, aussi M. Thury a-t-il disposé en face de chaque balai un petit ajutage communiquant avec une pompe à air qui permet de souffler les étincelles pour empêcher un arc de s'établir.

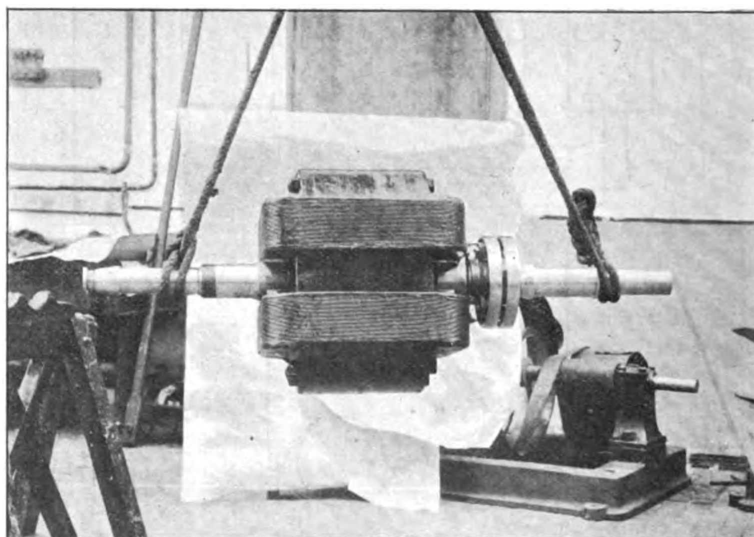


Fig. 28. — Inducteur mobile de la dynamo Thury de 25 000 volts.

Tels sont les renseignements que nous avons pu recueillir sur l'importante transmission de Saint-Maurice à Lausanne.

L'étude du matériel de la Compagnie de l'Industrie Electrique n'a fait que confirmer notre opinion sur les soins tout particuliers avec lesquels la construction en est exécutée et par suite dirigée.

En visitant les transports d'énergie à courant continu avec montage en série, on est frappé surtout par la facilité avec laquelle se conduisent les usines. Toute cette sécurité de fonctionnement repose sur un très petit nombre d'organes bien choisis et sur leur ingénieuse simplicité; elles font le plus grand honneur à l'inventeur qui depuis plus de quinze ans n'a cessé de perfectionner son système dans ses moindres détails, système maintenant consacré par un fonctionnement sans aucun incident de près de 20 installations de 500 à 2 700 chevaux et dont la plus ancienne, celle de la Société Acquedotto Ferrari-Galliera, date déjà de quinze ans.

Qu'il nous soit permis en terminant de remercier M. le professeur Palaz et les Ingénieurs de la ville de Lausanne de leur excellent accueil.

Tous nos chaleureux remerciements seront adressés également au personnel de la Compagnie de l'Industrie Électrique, en particulier, à son ingénieur en chef M. René Thury, et à son administrateur délégué, M. Rambert, pour la cordiale réception et l'intéressant programme qu'ils nous avaient préparés, ainsi que pour les nombreux renseignements techniques qu'ils ont bien voulu nous fournir pour nos lecteurs.

C.-F. Guilbert.

SUR L'EXPLOITATION DES TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

Dans l'application de l'électricité à la traction sur les tramways, comme d'ailleurs dans la plupart des autres applications industrielles de l'électricité, le rôle de l'ingénieur électricien ne saurait être limité à la recherche de la solution qui, les conditions locales étant prises en considération, conduit au minimum de dépenses pour l'établissement de l'usine, de la voie et du matériel roulant. Pendant l'exploitation, son rôle, pour être plus effacé, n'en est pas moins des plus importants pour le fonctionnement économique de l'entreprise. Une étude rationnelle de diverses installations de tramways à traction mécanique m'a convaincu que l'importance du rôle du technicien a été et est encore méconnu et que l'intervention d'un spécialiste peut, dans la plupart des installations existantes, permettre de réaliser des économies qui, bien que ne portant que sur des détails, forment un total considérable. C'est ce que je me propose de montrer ici.

Je m'astreindrai, toutefois, à ne considérer que les installations où la traction est faite par l'électricité, mode de traction qui a introduit dans l'exploitation des éléments nouveaux exigeant des ouvriers stylés, un personnel surveillant capable, une méthode de travail rationnelle, un atelier de réparations bien aménagé, conditions qui souvent sont loin d'être réalisées.

Mes observations ne porteront donc que sur les trois points suivants :

1° Soin et entretien du matériel roulant.

2° Organisation du magasin et service du personnel y affecté.

3° Service de l'usine.

Soin et entretien du matériel roulant. — Cet élément est, sans contredit, celui où on peut réaliser les plus fortes économies.

Ceci provient, d'une part, du fait que la voiture motrice telle qu'elle est livrée par les constructeurs ne répond généralement pas aux conditions *locales* du service, d'autre part, de ce que la voiture et son équipement sont soumis à de nombreuses et puissantes causes de détériorations.

Le premier de ces faits a une importance considérable, car si légères que soient les défectuosités des voitures pour l'application particulière que l'on a en vue, elles se rencontrent sur toutes les voitures et leurs conséquences économiques croissent en même temps que le trafic. Malheureusement, les compagnies exploitantes négligent généralement de remédier d'une façon définitive à ces inconvénients en effectuant les quelques modifications, souvent très petites, qn'il conviendrait de faire dans la construction ou dans la disposition de l'équipement électrique. Sur ce point, les conseils de l'ingénieur électricien peuvent avoir les plus heureuses conséquences.

Quant aux causes de détérioration inhérentes au service même, elles méritent d'autant plus d'être prises en considération que l'équipement électrique des voitures, qui constitue un mécanisme assez délicat, est forcément placé dans de mauvaises conditions de conservation (sous les voitures, à quelques centimètres du sol) et qu'il est difficilement accessible. Ces causes sont de trois ordres : mécaniques, chimiques, électriques.

****

Détérioration mécanique. — La détérioration mécanique du matériel roulant est subordonnée à une série de facteurs tels que : la nature de la voie, du terrain, du pavé et aussi la vitesse de marche, le nombre et l'emplacement des arrêts, le soin donné à la voiture par le conducteur etc. Cette détérioration est considérablement plus rapide pour la voie étroite que pour la voie normale, car l'emplacement réservé aux moteurs sous la voiture étant plus petit, on est gêné d'une telle manière dans la mise en place de certaines pièces qu'on est obligé d'admettre un très grand effort spécifique.

Détérioration par actions chimiques. — La détérioration chimique est subordonnée au climat, et surtout à la nature et à la fréquence des *condensations atmosphériques*. L'eau sous toutes ses formes (glace, neige, givre mélangés ou non avec du sel) est d'autant plus nuisible qu'elle est le plus souvent projetée avec force contre le moteur ou contre d'autres pièces de l'équipement électrique, et aussi parce qu'elle pénètre à l'intérieur du moteur par les fissures. Lorsque des batteries d'accumulateurs sont installées sur les voitures, il y a lieu de faire particulièrement attention, car il n'est pas toujours possible d'éviter le débordement des bacs.

Détérioration électrique. — La détérioration électrique se fait surtout sentir là où on est obligé d'employer de petites sections pour des pièces conductrices, et où on a par conséquent à compter sur un grand échauffement. La détérioration se produit également très rapidement aux endroits où il y a production d'étincelles, par suite d'interruption du courant.

La recherche de ces diverses causes de détérioration est très importante, car une fois qu'elles sont connues, on peut essayer de les supprimer, ou tout au moins de les atténuer. Ce n'est qu'en partant de ce principe, qu'il est possible de réaliser des économies, et ce n'est qu'en deuxième ligne alors que l'ingénieur doit veiller à l'exécution des réparations avec le strict minimum de dépenses en salaires et en matériel. Il est bien évident que l'ingénieur qui aura le plus de chance de réaliser des économies de ce genre sera précisément celui qui aura étudié plusieurs installations et par suite une grande variété de matériel, et non l'ingénieur qui n'aura dirigé qu'une installation où l'uniformité de ses fonctions lui aura fait perdre de vue l'aperçu général qui est indispensable pour l'exécution des modifications importantes.

Je passe maintenant aux éléments respectifs de la voiture motrice.

Pénétration de l'eau à l'intérieur des moteurs. — On a vainement essayé, pour tous les types de moteurs, d'éviter la pénétration de l'eau. Il est impossible, en effet, d'empêcher entièrement cette pénétration, car il s'agit tantôt d'eau de condensation, tantôt d'eau projetée avec force contre les rainures de la carcasse du moteur et qui pénètre ensuite progressivement à l'intérieur. Il faut, par conséquent, se contenter de réduire autant que possible cet inconvénient, et agir de telle façon que l'eau qui a pénétré puisse être captée et chassée ensuite aussi facilement que possible. La première de ces opérations peut s'effectuer au moyen d'un dispositif très simple placé contre la paroi interne de l'enveloppe du moteur et que j'appellerai un capteur d'eau. Quant à la deuxième, il n'y a qu'à forer une ouverture à la partie inférieure du moteur, ouverture que l'on ferme au moyen d'un tampon à vis; lorsque le temps est humide, on desserre alors cette vis au-dessus d'une fosse de visite pour laisser écouler l'eau qui se trouve à l'intérieur du moteur.

En opérant comme je viens de l'expliquer, l'induit peut bien être protégé contre l'humidité, mais il n'en est pas de même pour les inducteurs, qui sont, eux, fixés le plus souvent à la partie inférieure de la carcasse du moteur, par conséquent plus bas que l'induit. Le meilleur moyen de protéger les inducteurs consiste à les habiller de toile que l'on rend imperméable par une couche d'un vernis spécial. Mais il est difficile de se procurer un vernis qui soit imperméable et qui, en même temps, ne se fendille pas. Ce vernis doit être préparé spécialement, car on ne le trouve pas dans le commerce.

Pénétration de l'huile ou de la graisse. — De même que pour l'eau, on ne peut entièrement empêcher la pénétration de l'huile ou de la graisse, et cela malgré les bagues chassant l'huile par la force centrifuge, et malgré les capteurs d'huile. Les mêmes moyens que l'on emploie pour chasser l'eau servent aussi pour l'huile, mais contrairement à ce qui se passe pour l'eau, qui s'écoule facilement par l'ouverture pratiquée à cet effet à la base du moteur, il faut pour l'huile peu fluide

ou la graisse adopter le nettoyage à la main. Pour cela, il est bon de pratiquer une ouverture assez grande pour permettre d'y passer la main, ouverture par laquelle on introduira une petite bougie pour vérifier si l'intérieur du moteur est propre, et qui, le cas échéant, permettra de le nettoyer.

Affaissement de l'induit sur les pièces polaires. — L'ouverture dont il est parlé ci-dessus permet encore de s'assurer de la distance qui sépare l'induit des pièces polaires inférieures, opération dont un contrôle exact et facile est très important pour les raisons suivantes :

L'arbre de l'induit (celui-ci d'un poids de 3 à 400 kg) repose sur des paliers formés d'une composition s'usant progressivement. L'induit s'affaisse alors et se rapproche petit à petit des pièces polaires inférieures. Or, il est essentiel que ce contact soit évité, car si le fait vient à se produire, il en résulte une réparation très coûteuse. Mais d'autre part, il est inutile d'ouvrir trop tôt le moteur et d'en retirer l'induit lorsque son éloignement des pièces polaires est encore de quelques millimètres. On peut éviter ces deux inconvénients en contrôlant de temps en temps cette distance par l'ouverture pratiquée à la base du moteur[1].

Induit et collecteur. — De graves inconvénients et de coûteuses réparations peuvent résulter d'une défectuosité dans le bobinage ou dans la disposition des pièces du collecteur. Le meilleur moyen de limiter le plus possible ces inconvénients est de posséder un atelier de bobinage bien outillé, dans lequel des ouvriers bien formés, sous la surveillance de l'ingénieur, peuvent y exécuter sur place toutes les réparations de quelque nature quelles soient. Je ne puis malheureusement m'étendre davantage sur les mesures à prendre en pareille occurence, ces mesures dépendant des circonstance.

Position de l'arbre du moteur. — Il résulte de ce qui précède que la question de la position de l'arbre du moteur est de la plus haute importance. Or, l'effort spécifique s'exerçant sur les paliers et plus particulièrement sur celui du côté de l'engrenage est tout à fait anormal, étant donné le grand nombre de tours de l'induit (par exemple 600 tours par minute avec une vitesse de 20 km à l'heure) et aussi la forte pression exercée sur les paliers par les engrenages. Cette circonstance est des plus gênantes, vu surtout, et cela plus particulièrement dans les systèmes à voie étroite, que l'espace réservé aux paliers est très restreint. Il faut donc en premier lieu choisir un matériel de tout premier ordre, capable de résister aux efforts qu'il lui faut supporter. Mais il est toujours assez difficile de se procurer un métal remplissant toutes les conditions voulues pour faire de bons paliers, car ceux des métaux que l'on trouve dans le commerce ne peuvent supporter les grands efforts auxquels ils sont soumis. A la suite d'une série d'essais qui ont été pratiqués dans une installation où on a eu à surmonter les plus grandes difficultés de ce genre, on est parvenu à trouver un alliage très riche en cuivre, lequel remplit toutes les conditions requises. Cet alliage, qui est très dur, devient, à une température de fusion relativement basse, assez liquide pour être moulé aussi bien que la fonte. Il n'est par conséquent pas nécessaire de travailler les coussinets au tour; une fois qu'ils sont coulés, ceux-ci peuvent être retouchés sur l'essieu. Tous ces travaux sont cependant assez délicats et on ne parviendra à former efficacement un ouvrier pour les exécuter, que si l'ingénieur est à même de lui en montrer lui-même tous les détails. J'ajouterai encore que ces travaux sont de la plus haute importance, car le bon roulement de la voiture et par suite l'usure du matériel, (surtout celle des engrenages) sont subordonnés à leur bonne exécution.

Engrenages. — Dans la plupart des installations, la consommation d'engrenages est très élevée et il convient de chercher à la diminuer.

A vrai dire, on arrive rarement à des résultats bien satisfaisants, car l'usure des engrenages dépend de plusieurs causes qu'il faut observer simultanément. Les principales sont les suivantes :

(1) Il peut arriver aussi que l'induit s'affaisse *subitement* par suite de la fusion du métal des paliers. Pour les raisons indiquées ci-dessus, il faut éviter cet accident; mais, si le cas se produit, il est possible, au moyen d'un dispositif spécial, de maintenir l'induit dans sa position normale jusqu'à ce que la voiture soit rentrée à l'atelier pour y être réparée. Dans tous les cas, par conséquent, on peut éviter une grande réparation.

L'affaissement de l'induit sur les pièces polaires peut encore être évité en transformant les paliers en paliers à rouleaux, travail au moyen duquel on arrive à obtenir un meilleur roulement de la voiture.

1° composition de l'engrenage (acier ou fonte) ; 2° position de l'arbre de l'engrenage ; 3° force des dents ; 4° calage des engrenages sur l'essieu ; 5° graissage des dents.

Tous ces facteurs ont des relations étroites entre eux. Il faut, par exemple, s'il s'agit d'engrenages en fonte, choisir des dents robustes ; ce choix est au contraire inutile s'il s'agit d'engrenages en acier, étant donné que les dents robustes ne peuvent être trempées à l'intérieur.

Pour caler et décaler les engrenages, il est nécessaire de se servir d'une presse, car les engrenages trempés ne peuvent ni être chauffés, ni être calés au marteau. Il faut veiller également à ce que les engrenages soient calés bien concentriquement sur l'essieu, à cause de la grande vitesse de rotation ; un jeu de quelques millimètres peut avoir, en effet, une grande importance, et il convient de former comme il faut les ajusteurs chargés de l'exécution de ce travail.

Bandages et jeux de roues. — Passons maintenant à l'entretien des jeux de roues. Il est bon de préférer les roues bandagées aux roues durcies superficiellement. Ces dernières présentent, il est vrai, au début, certaines garanties de solidité, mais il est non moins vrai, qu'avec l'usure de la surface dure, elles ne tardent pas à devenir subitement inégales.

Les bandages doivent être choisis de telle sorte que l'usure des rails et celle des bandages soient réduites à leur minimum. Pour cela il faut tenir compte de la fréquence de roulement. Si le trafic est relativement faible, on peut, même avec des rails tendres employer des bandages durs ; si, au contraire, le trafic est intense, il ne faut jamais employer de bandages durs, car les rails s'useraient alors d'une façon tout à fait anormale.

Dans la plupart des installations bien qu'on ait la précaution de retourner les voitures, les boudins ont une tendance à ne s'user que d'un seul côté. Ceci provient surtout de ce que les diamètres des roues ne sont pas rigoureusement égaux. Lorsque ce défaut apparaît, il ne faut pas négliger de tourner les roues à temps, faute de quoi le bandage doit être réduit d'une hauteur de boudin. Pour tous les travaux à effectuer aux roues et, en général, pour tous les travaux importants, il faut séparer la caisse du truc. Cette opération est assez longue, et c'est pourquoi, il faut autant que possible en éviter la trop grande reproduction. On y arrive en effectuant, lorsque la caisse est soulevée, non seulement toutes les réparations absolument indispensables, mais encore celles dont l'utilité pour n'être pas immédiate n'en est pas moins certaine à bref délai. C'est plus pratique, en effet, que de démonter la voiture pour des réparations souvent futiles. Avec un peu de bonne volonté, on peut même exécuter des réparations très importantes, comme le calage et le décalage des engrenages, au-dessus de la fosse de visite et cela même dans les réseaux à voie étroite.

Graissage (graisse ou huile). — Les parties de la voiture qui sont soumises à un frottement quelconque, soit par roulement, soit par glissement, sont justement celles qui occasionnent de grandes difficultés. Le choix du mode de graissage (graisse ou huile), la construction des graisseurs, l'éloignement de la poussière et des autres corps étrangers, sont autant de questions qui ne sont nullement résolues, et dont la solution est justement rendue difficile, à cause du manque de place et surtout à cause de l'impossibilité où on se trouve souvent de ne pouvoir surveiller suffisamment les parties à graisser.

Je suis partisan de l'emploi de l'huile dans celles des installations où on peut en quelque sorte avoir confiance aux ouvriers et au personnel chargé de la surveillance ; mais j'avoue volontiers que l'emploi de la graisse peut être préférable à celui de l'huile, là, où un contrôle suffisant ne peut être exercé. Lorsqu'on l'emploie dans la mesure voulue, l'huile est sans contredit le meilleur ingrédient de graissage, aussi bien pour les installations de tramways que pour toute autre branche de l'industrie. Les parties qui demandent de préférence le graissage à l'huile sont :

1° Les paliers de l'arbre du moteur ; 2° les paliers supportant le moteur ; 3° les engrenages ; 4° les paliers des essieux de la voiture ; 5° l'appareil de contact.

Le graissage à l'huile est surtout indispensable pour les paliers de l'arbre du moteur, qui doivent, comme nous l'avons déjà dit, répondre à de grands efforts. Dans tous les types de moteurs qui me sont connus, il est facile de remplacer, à peu de frais, le graissage à la graisse par le graissage à l'huile. Lorsqu'on fait cette transformation, il y a lieu toutefois de prendre certaines

dispositions pour que l'huile qui peut, le cas échéant, pénétrer à l'intérieur du moteur, ne produise aucun dégât. Si on emploie l'huile, il ne faut pas oublier que sa consistance varie avec la température (été et hiver), et c'est pour cette raison qu'il ne faut pas trop s'en rapporter à l'ouvrier pour l'évaluation de cette consistance, car il ne comprend pas que l'huile à 10° coule plus lentement qu'à 25° (1).

L'appareil de contact et surtout la poulie exigent un graissage spécial, le courant prenant justement son chemin à travers le graissage. Un mélange d'huile et de graphite donne les meilleurs résultats à cet effet; le graphite atténue les frottements, retient l'huile et facilite le passage du courant, grâce à sa conductibilité. L'axe de la poulie doit être aussi dur que possible. En outre, il est bon de la munir d'un cylindre en cuivre rouge, pour, le cas échéant, n'avoir que cette pièce à remplacer. Le principe de l'interchangeabilité de certaines pièces d'un appareil (en général de celles qui sont le plus sujettes à l'usure) se retrouve d'ailleurs souvent dans une installation électrique, car c'est justement dans ce genre d'installation que les surfaces seules sont atteintes.

Si on emploie l'huile, l'usure des engrenages peut être réduite d'une telle manière qu'on arrive à une durée bien plus longue que celle pouvant jamais être atteinte par l'emploi de la graisse. La cause de cet avantage est due à ce que la poussière est chassée des dents d'engrenage par l'huile tombante, avantage qui ne se présente pas si on emploie la graisse, car cette dernière se mélange intimement avec la poussière pour former une masse rugueuse qui attaque fortement les engrenages.

Consommation d'énergie. — La consommation d'énergie peut être réduite par l'observation des principes suivants :

1° Instruction parfaite du conducteur, distribution de primes pour le minimum de consommation, contrôle de l'énergie consommée au moyen de compteurs.

2° Amélioration des paliers et de leur mode de graissage, ce qui permet d'obtenir un meilleur roulement.

3° Amélioration de la voie et graissage des courbes.

4° Amélioration du profil des bandages.

Il est très difficile d'obtenir qu'un conducteur conduise sa voiture d'une manière parfaite, car il ne connaît pas le mécanisme des opérations qui se produisent lors du démarrage et du freinage, etc., etc., et parce qu'il a été rarement formé par un ingénieur sachant conduire lui-même. L'instruction des conducteurs incombe généralement aux chefs contrôleurs ou aux inspecteurs qui souvent ne connaissent pas mieux que leurs élèves le mécanisme de l'équipement électrique. Ces employés ne peuvent devenir de bons professeurs que s'ils ont été instruits par l'ingénieur, et si leur instruction est constamment surveillée par ce dernier. En effet, il n'y a que l'ingénieur qui soit à même de juger pour tous les cas spéciaux, comme, par exemple, au démarrage, pendant la marche, au freinage, dans les courbes, dans les pentes, etc., etc., si le conducteur ne fait subir à sa voiture aucun effort inutile. Il n'est pas rare de voir, en effet, utiliser certaines touches du régulateur, avec lesquelles la plus grande partie du courant est consommée par les résistances. C'est donc une consommation inutile et en même temps un effort du mécanisme qui n'a pas été prévu lors de la construction. Le passage d'une courbe sans à coup est particulièrement difficile, car le conducteur ne peut se rendre compte des suites de sa manœuvre. Il freine pour s'engager lentement dans la courbe, mais il ne comprend pas qu'en agissant ainsi il serre les essieux de la voiture, qui tendent à se placer radialement, et qu'une voiture ne peut jamais passer une courbe sans à coup si ses essieux sont retenus. Il suffit de montrer alors plusieurs fois au conducteur la bonne et la mauvaise méthode, mais il importe

(1) On remédie à cet inconvénient, en mélangeant une huile légère avec une huile lourde, dans une proportion déterminée, répondant à la température moyenne. De cette manière, on arrive à obtenir la consistance voulue, répondant à chaque température respectivement; on n'est pas obligé de donner des instructions spéciales aux ouvriers chargés du graissage, on est certain que l'huile a la consistance voulue, et que les voitures sont bien graissées. Cette disposition est très pratique et d'une exécution facile.

encore que cette opération lui soit démontrée par un ingénieur ayant de la pratique, et pouvant lui montrer tous les détails de sa manœuvre. Mais toutes les instructions données au conducteur sont de peu d'importance, si l'on a pas encore sous la main un moyen de le contrôler constamment, et si on ne l'intéresse pas à la consommation minimum et au ménagement de la voiture.

Le contrôle peut être exercé au moyen d'un compteur monté sur la voiture; quant à la vigilance du conducteur, on peut l'obtenir en lui accordant une prime pour la consommation minimum de courant. On arrive ainsi par ce moyen à obtenir le ménagement de la voiture.

II. Direction et disposition du magasin. — Je passe maintenant aux qualités administratives et organisatrices de l'ingénieur. Contrairement à ce qui se passe pour l'atelier, où il faut économiser sur le nombre d'ouvriers, on ne doit, au contraire, pour le magasin, jamais rechercher cette économie. Le magasinier et ses aides doivent former un groupe bien distinct du personnel de l'usine. Tous les efforts de ces employés doivent tendre à une consommation minime de matériel, à un prompt retour au magasin du vieux matériel, à des achats avantageux, et enfin à une bonne disposition de leur magasin. Il faut que les intérêts du magasinier soient en quelque sorte antagonistes de ceux des ouvriers de l'atelier, pour qu'il puisse, le cas échéant, agir énergiquement envers eux. Tout cela est facile à obtenir en l'intéressant légèrement aux économies réalisées.

Un autre moyen de réaliser des économies consiste à ne délivrer du matériel qu'à des heures déterminées de la journée, et cela, contre un bulletin signé par le contre-maître. Le moyen est excellent, car les ouvriers prennent l'habitude d'avoir de l'ordre, et on arrive ainsi à obtenir qu'ils réfléchissent au matériel et aux quantités de ce matériel dont ils ont besoin, avant de les commander. De cette manière, non seulement ils deviennent plus ordonnés, mais encore ils s'habituent à un travail réfléchi, car ils sont obligés de faire un emploi du temps de leur journée. Ils s'intéressent ainsi davantage à leur travail, sans que l'on soit forcé de sévir, ce qui est toujours fâcheux. On arrive à tous ces avantages en déposant à l'atelier un cahier sur lequel chaque ouvrier inscrit, en y ajoutant sa signature et l'emploi qu'il veut en faire, les matériaux dont il a besoin. Le contre-maître examine l'exactitude de ces demandes, les signe, et devient, de ce fait, responsable de ce que le matériel demandé est bien nécessaire. Le magasinier n'a plus ensuite qu'à délivrer ce matériel. En la lisant cette prescription peut paraître quelque peu embrouillée, mais mise en pratique, elle est d'une grande simplicité. Un autre avantage de cette mesure réside en ceci que l'ouvrier se sent contrôlé, et que ses inscriptions au cahier donnent une opinion de son activité. Il est bon de faire précéder la délivrance du matériel de certaines formalités. Peu d'ouvriers aiment écrire, et on peut alors être sûr qu'avant de faire sa demande, l'ouvrier aura recherché dans l'atelier s'il ne trouve pas les objets dont il a besoin. Il ne faudrait cependant pas pousser les choses à l'extrême et rendre par exemple difficile la délivrance des objets d'un usage courant tels que clous, chevilles, vis, etc. Ce matériel est distribué en quantité suffisante à l'ouvrier. Il en donne quittance et met, sous clef, dans son armoire, la quantité qui lui a été délivrée.

Une autre fonction du magasinier consiste dans le retour au magasin du vieux matériel. Les objets ne pouvant plus servir pour la réparation des voitures doivent rentrer au magasin, comme, par exemple, le fil de cuivre, les bouts de câble, les déchets de laiton, les pièces détériorées d'appareil (comme lames de ressorts), etc., etc. Ce matériel emmagasiné est disposé en bon ordre dans un endroit spécial. De temps en temps, l'ingénieur examine ce stock et décide de sa destination Ce matériel étant disposé en bon ordre, l'ingénieur voit en un clin d'œil ce qui est encore utilisable. Par exemple, avec deux appareils brisés, on peut quelquefois remonter entièrement un appareil. Ce principe de combinaison a du bon, comme, par exemple, pour les ressorts dont quelques lames seulement sont brisées. J'ai pu constater d'ailleurs en plusieurs endroits que le vieux matériel était vendu généralement à des prix dérisoires, de sorte qu'on a avantage à l'utiliser autant que faire se peut.

III. Service de l'usine génératrice. — Il n'y a possibilité de réaliser des économies à l'usine, que si on a la chance de posséder un chef mécanicien intelligent. La majorité des travaux étant purement mécaniques, on peut très bien arriver, à former, pour ces travaux, des ouvriers qui ne

sont pas du métier, mais chez lesquels on reconnaît des qualités personnelles telles que, l'application, l'ordre, l'attention soutenue, toutes qualités que l'on rencontre assez rarement chez les quelques mécaniciens que l'on a sous la main. Ces derniers ont une tendance à n'agir que de leur propre initiative, ce qui, pour des travaux essentiellement mécaniques, les rend moins utilisables que certains manœuvres bien stylés, n'ayant aucune connaissance technique.

Si l'atelier et l'usine sont contigus ou à peu de distance, la surveillance des deux services doit être dans la même main, car le service de l'atelier a des relations trop étroites avec celui de l'usine, pour que leur surveillance soit effectuée efficacement par deux personnes, un contremaître et un chef mécanicien. Cette dernière organisation est une source de discussions, surtout lorsqu'il s'agit de savoir à qui incombe une faute commise. La question se règle quelquefois d'elle-même en ce sens que l'un des deux employés se soumet à l'autre en lui laissant alors la responsabilité entière. Si les situations respectives de l'usine et de l'atelier le permettent, il est donc préférable de réunir en une seule main, dès le début, la direction de ces deux services, et cela indépendamment de la question de savoir si le chef est ingénieur ou contremaître, selon l'importance de l'installation.

Je résumerai ici mes observations relatives à la direction économique d'une installation, en affirmant qu'il est indispensable que chaque installation de tramways ait à son service un ingénieur ayant des connaissances pratiques et théoriques, et aussi beaucoup d'expérience. Cet ingénieur doit être en mesure de s'occuper de tous les détails de l'installation et connaître le travail de chaque ouvrier respectivement, de manière qu'il puisse, le cas échéant, lui en faire la démonstration, et au besoin exécuter lui-même le travail.

Frédéric Gœring.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

DIVERS

Les appareils de mesure caloriques, par le professeur **Kollert**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 384, 1er mai 1902.

L'idée de tirer parti de l'effet Joule pour la mesure de l'intensité d'un courant est déjà très ancienne. En 1837, de la Rive construisit un appareil basé sur ce principe et analogue au thermomètre métallique de Bréguet; mais le premier ampèremètre vraiment pratique date de 1848 et est dû à Hankel [*Pogg. Ann.* t. LXXV, p. 206]. Il consistait en un fil de maillechort de 1,60 m de longueur et 0,4575 mm de diamètre, dont un bout était relié à l'un des bras du fléau d'une balance et l'autre, à une vis micrométrique mobile dans un écrou fixe; le deuxième bras du fléau portait une masse de 564 gr et un miroir. On réglait l'horizontalité du fléau, avant chaque expérience, au moyen de la vis micrométrique. Comme les déviations, observées sur une échelle à 4,30 m, ne dépassaient jamais 360 mm, Hankel admettait qu'il y avait proportionnalité entre ces déviations et l'intensité à mesurer. Celle-ci était lue sur une boussole des sinus en parallèle avec le fil de maillechort. [En réalité, ce savant ne se servait que du sinus de l'angle d'écart.]

D'un très grand nombre d'expériences, Hankel put établir, entre l'intensité I et la déviation δ, une relation da la forme :

$$I\left[1-\frac{h}{H}I^2\right]=H\delta; \qquad (1)$$

h et H furent calculés par la méthode des moindres carrés. Entre les valeurs calculées et les valeurs observées pour I la concordance était satisfaisante. Mais il fallait donner de cette formule une interprétation théorique ; Hankel raisonnait donc de la façon suivante : d'après la loi de Joule, l'échauffement est proportionnel à I^2 et, réciproquement, la perte de chaleur est à son tour proportionnelle à l'échauffement et à I^2; la quantité de chaleur qui produit la dilatation du fil est donc :

$$I^2-cI^4=I^2(1-cI^2).$$

Le professeur Kollert propose le raisonne-

ment suivant qui lui semble plus rigoureux. La quantité de chaleur dégagée dans le fil dans le temps dt est $AI^2R\,dt$ calories : gramme $\left(A = \frac{1}{4.17} = 0{,}24 \text{ cal: gr: sec :}\right)$; d'autre part, la loi de Newton, savoir que la chaleur perdue par rayonnement est proportionnelle à l'excès de la température T du fil sur celle T_0 du milieu ambiant, donne la relation $K(T-T_0)dt$, K étant une constante qui dépend du pouvoir émissif du corps, de sa surface et du milieu enveloppant le fil (air ou diélectrique); d'où

$$AI^2R = K(T-T_0),$$

ou encore

$$AI^2R = kS(T-T_0); \tag{2}$$

ici k est le *coefficient d'échauffement* de Hochenegg. Soit σ le coefficient de température du maillechort, on a :

$$R = R_0(1+\sigma[T-T_0]).$$

En portant dans (2), il vient :

$$AI^2R_0[1+\sigma(T-T_0)] = kS(T-T_0),$$

qui peut s'écrire

$$I^2[1+\sigma(T-T_0)] = C[T-T_0]. \tag{3}$$

De même, si l_0 représente la longueur du fil à T_0 et λ son coefficient de dilatation linéaire, on établit sans difficultés, que

$$T-T_0 = \frac{l-l_0}{l_0\lambda} = C_1(l-l_0) = C_2\delta,$$

δ étant l'élongation proportionnelle à l'allongement du fil.

En substituant à $T-T_0$ cette valeur dans (3), et désignant par h et H de nouvelles constantes, on arrive finalement à l'équation

$$I^2(1+h\delta) = H\delta. \tag{4}$$

Or, h dépend du coefficient de température du maillechort qui est très petit; on peut donc, dans une première approximation, supposer h nul; la relation (4) donne alors $\delta = \frac{I^2}{H}$; cette valeur de δ portée dans (4) conduit à l'expression

$$I^2\left(1+\frac{h}{H}I^2\right) = H\delta,$$

identique à celle de Hankel au signe près de $\frac{h}{H}I^2$. Cette divergence résulte de ce que Hankel n'a pas tenu compte de la variaion de résistance de son fil calorique, de sorte qu'il obtient une relation entre l'intensité lue à la boussole et la déviation δ provenant du courant qui traverse l'ampèremètre. En effet, le professeur Kollert montre que la formule (1) se déduit de (2). Soient R, R_n les résistances du fil et de la boussole, I, I_n, les intensités correspondantes; on a

$$IR = I_nR_n, \quad \text{ou} \quad I = \frac{R_n}{R}I_n;$$

en portant cette valeur de I dans (2), il vient

$$AI_n^2\frac{R_n^2}{R} = AI_n^2\frac{R_n^2}{R_0[1+\sigma(T-T_0)]} = kS(T-T_0).$$

On peut, avec une approximation suffisante, remplacer $\frac{1}{R_0(1+\sigma(T-T_0))}$ par $\frac{1-\sigma(T-T_0)}{R_0}$, ce qui donne pour I_n^2 ou $\sin^2\varphi$ une expression de la forme

$$AI_n^2[1-\sigma(T-T_0)]\times\frac{R}{R_0} = kS(T-T_0)$$

ou enfin

$$I_n^2(1-h\delta) = H\delta.$$

Comme vérification, on peut écrire la relation (4) sous la forme :

$$\frac{1}{I^2} = \frac{1}{H}\left(\frac{1}{\delta}+h\right) \tag{5}$$

qui représente une droite si on porte $\frac{1}{I^2}$ en abscisses et $\frac{1}{\delta}$ en ordonnées. Les valeurs de $\frac{1}{I^2}$ e $\frac{1}{\delta}$ calculées d'après les expériences de Hankell se trouvent sensiblement sur une ligne droite, sauf pour les très petites valeurs de I et δ.

La comparaison s'est poursuivie entre des appareils plus modernes, notamment celui de Friese, décrit dans *L'Écl. Élect.*, t. VIII, p. 77 et l'*E. T. Z.*, p. 726, 1895, qui offrait ceci de particulier que son auteur avait donné une formule empirique. Le professeur Kollert, en possession d'un instrument basé sur le même principe, a relevé les déviations suivantes sur une règle placée à une distance égale à 800 divisions de l'échelle, sans toutefois indiquer l'étalon qui lui donnait la valeur de I en ampère :

I en amp.	δ en mm.	I en amp.	δ en mm.
0,1309	198,5	0,0762	64,1
0,1221	173,1	0,0671	49,6
0,1140	150,0	0,0622	43,2
0,1052	126,6	0,0556	34,6
0,0952	101,9	0,0491	26,5
0,0824	75,1	(0,0482)	(24,8)

Si on calcule encore $\frac{1}{I^2}$ et $\frac{1}{\delta}$ et qu'on porte les nombres trouvés en abscisses et en ordonnées, les points correspondants sont sensiblement sur une ligne droite, sauf, comme plus haut, pour la dernière mesure

$$I = 0,0482 \quad \text{et} \quad \delta = 24,8.$$

Les constantes H et h sont :

$$H = 0,0000918, \quad h = 0,0004,$$

$$I^2 = 0,0000918 \times \frac{\delta}{1 + 0,0004\,\delta},$$

ou

$$I = 0,00953 \times \frac{\sqrt{\delta}}{\sqrt{1 + 0,0004\,\delta}}$$

Pour l'élongation maxima $\delta = 200$, la valeur de $0,0004\,\delta$ est seulement 0,08 ; on peut se contenter de poser

$$\frac{1}{\sqrt{1 + 0,0004\,\delta}} = 1 - 0,0002\,\delta + 0,00000006\,\delta^2.$$

Le troisième terme, dans les cas les plus défavorables, atteint environ 0,0024, ce qui permet d'écrire, avec une approximation suffisante,

$$I = 0,00953\,[1 - 0,0002\,\delta]. \tag{6}$$

Friese avait établi pour son appareil la relation $I = 0,002254\,\sqrt{\delta}$ (7), où δ est exprimé en millimètres. Cette dernière se déduit de (4) en supposant h nul. La comparaison de (6) et (7) montre de plus, que son appareil était beaucoup plus sensible, et cette supériorité provient de ce qu'il employait un fil plus long et observait les déviations à une distance très grande du miroir. Les données précises manquent sur ce point; mais le professeur Kollert estime que le fil calorique utilisé par Friese était 2,8 fois plus long que le sien, car la résistance du premier était de 93 ohms, tandis que celle du second oscillait entre 35 et 42 ohms, suivant l'intensité du courant. L'échauffement était moindre, ce qui explique la diminution de la constante h au point que $h\delta$ est négligeable devant l'unité.

Le professeur Kollert établit ensuite un parallèle entre les indications de son instrument et celles d'un ampèremètre calorique Hartmann et Braun à fil de platine-argent de 0,06 mm de diamètre et à lecture directe. Le premier appareil, avec un fil de 25 cm et pour un courant de 0,22 ampère, indique une déviation de 7°, tandis que dans le second, avec un fil de 16 cm, elle atteint 90°. Néanmoins les appareils, comme celui de Friese, construits d'après le principe du ressort plat d'Ayrton, sont susceptibles de rendre des services dans les installations à courant alternatif. B. K.

Sur la stabilité du magnétisme temporaire et du magnétisme permanent, par **Ascoli**. *Il Nuovo Cimento*, t. III, p. 5, janvier 1902.

Ascoli a étudié spécialement la variation de l'aimantation sous l'influence des chocs. Etant donné un état magnétique déterminé par un certain cycle, il mesure l'effet d'un choc, puis d'une série de chocs, sur l'intensité d'aimantation.

Lorsque l'effet d'un choc bien déterminé est obtenu pour un point du cycle, on doit, avant d'étudier un autre point et pour détruire l'action précédente faire parcourir au corps une dizaine de fois le cycle caractéristique.

L'auteur considère la *stabilité* de l'aimantation comme une propriété magnétique fondamentale qui permet de rendre compte de certaines propriétés des corps ; considérant par exemple le fer doux, on dira qu'il a une aimantation permanente moins stable que celle du fer ordinaire ou de l'acier, c'est-à-dire qu'elle subit de fortes diminutions même pour de très petites forces démagnétisantes.

Afin de déterminer cette stabilité, il faut d'abord tracer le cycle d'aimantation auquel le corps est assujetti ; ce cycle est symétrique si les deux champs magnétisants extrêmes sont égaux et de signes contraires, dissymétrique si ces champs extrêmes sont quelconques. Il faut ensuite soumettre le corps à des chocs déterminés puis mesurer la variation de l'aimantation.

Les expériences ont été exécutées sur des pièces cylindriques suffisamment allongées pour que dans la partie centrale la force démagnétisante soit négligeable ou assez faible pour être déterminée par l'expression NI, où N est en valeur approchée le facteur démagnétisant et I

l'intensité d'aimantation. Toutes les mesures magnétiques ont été exécutées avec la méthode balistique.

En chacun des états magnétiques déterminés par un point du cycle, on fait agir un choc bien défini, on représente graphiquement les résultats en portant en abscisse la force magnétisante et en ordonnée la variation d'intensité d'aimantation produite par le choc. On peut employer de préférence la représentation qui consiste à prendre comme abscisse l'intensité d'aimantation avant le choc et comme ordonnée la variation.

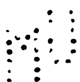
A un cycle magnétique fermé quelconque correspond un cycle fermé de variations d'aimantation.

Si l'on part du point extrême supérieur du cycle, la variation est positive c'est-à-dire que le choc produit une augmentation de l'aimantation. Cette variation diminue peu à peu et s'annule pour un point du cycle non loin du point extrême. En ce point un coup ou même une série de coups ne produisent aucune variation de l'aimantation même dans le fer doux ; c'est le *point neutre*. Si l'on continue à descendre le cycle, la variation devient négative et passe par un maximum pour une force magnétisante très voisine de la force coercitive.

L'auteur examine ensuite ce qui se produit avec les cycles non symétriques partant d'un même point extrême et renfermés dans le cycle symétrique correspondant à ce point. Pour chacun, il existe un point neutre, représentant un état de *stabilité parfaite*. Le lieu de ces points constitue une *ligne neutre principale*. On obtient une deuxième ligne neutre en partant du second point extrême du cycle. Ces deux lignes forment une courbe symétrique dont les deux pointes sont sur le cycle et dont la forme rapproche assez de celle du cycle.

On peut ne pas opérer comme ci-dessus, partir d'un point extrême et au lieu d'y revenir par un cycle non symétrique s'arrêter avant et revenir sur le cycle; on obtient ainsi d'autres lignes neutres qui sont toujours comprises entre les deux principales. On arrive à cette conclusion que tout point compris entre les deux lignes neutres principales représente un état magnétique de stabilité parfaite.

On est conduit aux mêmes conclusions si le cycle primitif n'est pas symétrique.



Influence de l'intensité du choc. — Lorsque l'intensité du choc augmente, la ligne neutre se redresse en se rapprochant de l'axe des intensités d'aimantation en sorte que l'aire comprise entre les deux lignes neutres principales diminue.

Ce déplacement est très petit, il conduit cependant à d'intéressantes conclusions : un point placé entre deux lignes neutres relatives à un choc faible et à un choc plus fort représente un état magnétique qui éprouve des variations de signes contraires suivant que le choc est fort ou faible — un point de ligne neutre relative au faible choc éprouve une diminution d'aimantation pour les coups forts et aucun effet pour les coups faibles — un point de la ligne neutre relative au coup fort ne ressent aucun effet d'un coup fort et éprouve une augmentation pour le coup faible. Cette conséquence qui peut paraître paradoxale, a été vérifiée expérimentalement.

Si, en un point neutre, le choc est sans action sur l'aimantation, il n'en produit pas moins un effet latent sur le corps. Supposons en effet que ce point soit relatif à un coup fort ; après avoir appliqué ce coup qui est sans action sensible, un choc faible n'a plus d'effet.

Il suit de là que pour rendre un état magnétique insensible à tous les chocs inférieurs à une certaine limite, il faut porter l'aimantation en un point neutre relatif au choc maximum, puis appliquer une seule fois ce choc.

Aimantation permanente. — En appliquant les considérations précédentes au cas du magnétisme permanent, on arrive à cette conclusion qu'il est toujours possible avec un corps magnétique quelconque, de forme quelconque, d'obtenir un magnétisme permanent de stabilité parfaite. Mais celle-ci ne s'obtient qu'en sacrifiant une partie de l'intensité d'aimantation. La perte assez grande avec le fer est très petite avec l'acier, principalement s'il est trempé.

Chocs successifs. — Ce qui précède se rapporte au cas d'un choc unique. Le second choc produit un effet moindre et le rapport des deux variations est très variable; l'effet des coups successifs décroît plus ou moins rapidement suivant l'état magnétique et le moyen par lequel il a été obtenu.

Mais si l'on considère l'effet limite, le diagramme des variations limites a même allure que celui de la première variation.

Les points neutres et les maxima correspondent aux mêmes valeurs de H de sorte que les lignes neutres sont les mêmes que précédemment.

L'auteur compare ensuite ses résultats aux quelques résultats obtenus dans des cas particuliers par Ewing, Wiedemann, Fromme, Berson et Curie.

Le mémoire est terminé par l'exposé des résultats correspondant au fer de Suède et à l'acier trempé ou non.

L'étude des aimants non uniformes a conduit Ascoli à l'observation suivante : dans une barre d'acier trempé il est possible de mettre tous les points simultanément dans les conditions de stabilité parfaite.

Enfin, si l'état magnétique est amené en un point neutre, les différentes matières que l'on peut employer dans la construction des aimants sont pratiquement équivalentes au point de vue du choc ; on reste donc libre de choisir de manière à obtenir le maximum de stabilité relative aux autres causes perturbatrices.

G. Goisot.

Ondes électriques stationnaires, par **K. F. Lindman**, *Drudes Annalen*, t. VII. p. 826-851, avril 1902.

En étudiant les ondes électriques stationnaires produites par réflexion, on observe en général que le premier maximum de la force électrique se trouve non pas au milieu de l'intervalle entre le premier minimum et le réflecteur, mais plus près de celui-ci. [1]

Ce déplacement n'est pas dû aux oscillations d'ordre supérieur; les courbes d'interférence ne présentent pas les déformations que provoqueraient ces oscillations si elles avaient une intensité notable. Il croît quand la longueur d'onde augmente. Or la pente de la courbe de résonance augmente alors, ce qui traduit une diminution de l'amortissement. Cette variation s'expliquerait en attribuant le déplacement à l'action sur le résonateur des vibrations émises par lui-même réfléchies par le réflecteur. Le résonateur formerait alors avec soi même un système en résonance complète, c'est-à-dire avec l'égalité de période et d'amortissement. Les expériences montrent que c'est bien là la cause du déplacement [1].

Pour caractériser l'action des ondes secondaires il faut connaître la différence de phase entre les ondes directes émises par l'excitateur de ces ondes secondaires. Cette différence de phase se compose de deux termes, l'un dû à la différence des chemins parcourus, l'autre provenant du changement de phase qui accompagne la transformation des ondes primaires en ondes secondaires. En étudiant l'action du résonateur sur un autre qui reçoit en même temps les ondes primaires, on trouve que cette différence de phase a en moyenne la valeur $\frac{3\pi}{4}$, lorsque la distance des deux résonateurs est de l'ordre de grandeur de la demi-longueur d'onde; elle augmente et tend vers π quand cette distance décroît; elle diminue et paraît tendre vers $\frac{\pi}{2}$ quand la distance croît.

Si le résonateur est à une distance du réflecteur égale à un quart de longueur d'onde, la différence de phase des ondes secondaires qui reviennent au résonateur et des ondes primaires est $\frac{3\pi}{4}$. Les ondes secondaires tendent par conséquent à affaiblir l'action des ondes primaires, puisque la différence de phase totale est

(1) L'excitateur employé par l'auteur est construit comme celui de Righi : les deux conducteurs principaux sont des cylindres de laiton qu'on peut allonger à volonté pour faire varier la longueur d'onde. Le résonateur est rectiligne, formé par des tiges de cuivre glissant dans des tubes, ce qui permet d'en modifier la longueur; l'indicateur est un élément thermoélectrique intercalé entre les deux moitiés du résonateur. On détermine les courbes d'interférence et les courbes de résonance.

(1) Un second résonateur B réglé de manière à avoir la même période que le premier A, est placé perpendiculairement à l'excitateur, de telle sorte que les ondes directes émises par ce dernier ne l'influencent pas ; en le reliant au galvanomètre on n'a aucune déviation. On installe alors le premier résonateur A au voisinage, suivant une direction faisant un angle de 45° avec l'autre et avec l'excitateur : on observe une déviation notable. Le résonateur B est influencé par les vibrations secondaires émises par le résonateur A. On peut réduire de beaucoup cette action en disposant au voisinage de A un fil de cuivre qui lui soit parallèle et dont les extrémités sont enroulées en spirales. Ce fil absorbe la plus grande partie des oscillations émises par A et les transforme en oscillations de plus longue période : seul, après que A est enlevé, il n'exerce sur B aucune action appréciable.

Si on construit la courbe d'interférence, le premier maximum se trouve dans sa position normale. On arrive au même résultat en transformant l'énergie des oscillations secondaires en chaleur de Joule, ce qu'on réalise en intercalant, dans les deux moitiés du résonateur, un fil de platine de 0,01 mm de diamètre et long de 15 mm.

$2\pi + \frac{3\pi}{4}$. Si la distance est $\frac{\lambda}{8}$, cette différence devient $2\pi + \frac{\pi}{4}$, les deux systèmes d'ondes exercent des actions concordantes. Ce renforcement est maximum quand la distance du résonateur au réflecteur est $\frac{\lambda}{16}$: la différence de phase est alors 2π. Quand la distance augmente, l'intensité des ondes secondaires diminue rapidement, ce qui explique pourquoi le déplacement affecte seulement le premier maximum. La valeur maxima de ce déplacement sera $\frac{\lambda}{16}$, mais elle ne pourrait être atteinte que si le résonateur avait un amortissement nul.

Un phénomène de même genre se produit avec les réflecteurs paraboliques. Pour obtenir le maximum d'intensité il faut donc choisir la distance focale du réflecteur égale non pas au quart de la longueur d'onde, mais à la distance au réflecteur du premier maximum.

Si on utilise le résonateur comme excitateur et qu'on le fasse agir sur un résonateur identique, de manière à construire la courbe de résonance, on déduit de cette courbe la moyenne arithmétique des décréments logarithmiques de l'excitateur et du résonateur.

Puisque ceux-ci sont identiques, cette moyenne représente le décrément de chacun d'eux.

Un résonateur presque fermé (résonateur circulaire) rayonne très peu d'énergie et l'expérience montre qu'avec un tel résonateur le déplacement du premier maximum est insignifiant.

Un résonateur avec étincelle (résonateur de Righi) n'émet pas d'ondes secondaires dont l'intensité soit appréciable. D'après M. Lindman, la demi-longueur d'onde d'un tel résonateur ne dépasse guère la moitié de sa longueur. Righi avait admis qu'elle était égale à cette longueur même : cela tient à ce que la présence du verre qui supporte la couche d'argent augmente la capacité et par suite la période du système.

Lorsque les dimensions du réflecteur sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, les maxima et les minima sont déplacés vers l'excitateur. Le maximum est d'autant plus éloigné du réflecteur que le résonateur est plus rapproché de l'excitateur. Ce déplacement provient de l'affaiblissement des ondes réfléchies sur un réflecteur de petite étendue, qui diffuse une grande partie de l'énergie incidente. Le maximum de la force magnétique, par exemple, s'observe non pas au point où la différence de phase entre les ondes incidentes et réfléchies est 2π, mais en un point plus rapproché de l'excitateur, parce que l'intensité de l'onde incidente croît rapidement quand on se rapproche de celui-ci.

La différence de phase qui accompagne la réflexion dépend de la période des oscillations propres du réflecteur; on le vérifie en faisant varier cette période, résultat qu'on obtient soit en accroissant la longueur du réflecteur, soit en augmentant la capacité des extrémités. L. M.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 16 juin 1902.

Dissociation des éléments de la dépense énergétique des moteurs employés à l'entraînement des résistances de frottement, par **A. Chauveau**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1499-1405.

Dans une communication précédente, l'auteur montrait que la dépense d'énergie nécessaire au soulèvement d'un poids peut être en séparée trois parties et indiquait les expériences lui ayant permis de déterminer chacune de ces parties [1]. Dans celle-ci il montre que l'énergie consacrée à l'entrainement des résistances de frottement se divise en trois parties : *a*) l'énergie qui est prise par l'annihilation des résistances et qui les prépare au déplacement; *b*) celle qui opère ce déplacement; *c*) celle enfin qui imprime au déplacement sa vitesse. La seule particularité qui distingue ce cas de celui antérieurement traité, c'est que le *travail mécanique* effectué dans le déplacement de résistances de frottement n'emmagasine pas de force vive et que toute l'énergie mise en jeu pour le produire se résout et se dissipe en chaleur sensible.

M. Chauveau a étudié successivement par l'ex-

[1] Voir *Écl. Élect.*, t. XXXII, p. 36, 5 juillet 1902.

périence le cas où le moteur exerce une traction horizontale et celui où il entraîne un arbre soumis a la pression d'un frein. Le dispositif expérimental différant peu de celui qui a été décrit dans la dernière communication, nous renvoyons au mémoire original pour les détails.

La décharge électrique dans la flamme, par **Jules Semenov**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1421-1423.

L'auteur complète la description donnée dans une précédente note [1] des phénomènes qu'il a observés dans l'étude de la décharge dans la flamme du gaz d'éclairage.

1° Par suite de la tension électrique considérable qui se produit au sommet de la flamme, celle-ci s'allonge, la vitesse d'écoulement augmente et une diminution de pression se manifeste dans la cheminée du bec Bunsen servant aux expériences. Si l'on réduit la hauteur de la flamme à moins de 2 cm l'augmentation de la vitesse provoque l'extinction de la flamme; la flamme éteinte, la pression dans le bec reprend sa valeur primitive.

2° Lorsqu'on fait éclater des étincelles entre une flamme et une pointe placée au-dessus on se trouve à peu près dans les mêmes conditions que si l'on expérimentait avec deux pointes placées dans un courant gazeux bien chaud allant d'une pointe à l'autre; par suite la décharge doit être plus facile dans un sens que dans l'autre. En effet, pour une flamme haute de 3 cm et située à 2 cm au-dessous de la pointe, l'étincelle équivalente entre deux boules de cuivre est de 3 mm quand la flamme est négative et 5 mm quand la flamme est positive; la flamme fait office de soupape électrique.

3° Lorsque la distance entre la pointe et la flamme est assez grande pour empêcher l'étincelle de se produire, les aigrettes se montrent sur les deux pôles de façon habituelle; de chaque pôle part un courant gazeux. Si l'on rapproche les pôles, les aigrettes sont remplacées par une étincelle : c'est le courant gazeux du pôle positif qui se transforme alors en étincelle. Près du pôle positif, au voisinage immédiat de la pointe, le courant aérien persiste, mais autour de l'étincelle il n'y en a plus trace : il est complètement absorbé par l'étincelle. Cette transformation du courant gazeux positif en étincelle se fait d'une façon continue. [1]

4° Quant au courant gazeux négatif, il persiste, mais ne prend pas part à la formation de l'étincelle.

Étant donné que la décharge dans la flamme permet de réaliser une étincelle épaisse, longue de plusieurs centimètres et de position fixe, il devient facile, en combinant de diverses façons la disposition expérimentale, de constater l'existence du courant gazeux négatif et d'en déterminer la direction et la forme. [2]

---

[1] *Écl. Élect.*, t. XXXI, p. 410, 14 juin 1902.

[1] « En employant un tourniquet électrique comme pôle positif, on constate que la vitesse de rotation du tourniquet diminue graduellement au fur et à mesure du rapprochement des pôles, et qu'au moment où les aigrettes se transforment en étincelle la vitesse de rotation n'accuse aucun changement brusque tant soit peu appréciable. Il en résulte que l'étincelle continue à agir sur le tourniquet de la même façon et dans le même sens que le faisait le courant gazeux; elle n'est donc autre chose que ce courant gazeux positif condensé. Ce fait explique le transport de matière du pôle positif au pôle négatif, le long de l'étincelle. »

[2] « Je fais éclater l'étincelle entre deux pointes placées sur une même ligne horizontale, la distance explosive étant de 3 cm. Entre ces deux pointes, au milieu de la distance explosive, est intercalée une petite flamme dont la hauteur est réglée de façon que son sommet se trouve à peu près au niveau des pointes. Une des pointes est en communication métallique avec le bec. Au moment du passage de l'étincelle, le sommet de la flamme s'infléchit brusquement vers la pointe positive, à angle droit avec le reste de la flamme demeurant vertical. Lorsqu'on diminue graduellement la hauteur de la flamme, la partie infléchie diminue d'étendue; enfin, toute la flamme reste en dehors de l'action du courant d'air.

» En expérimentant de la sorte, j'ai pu constater que le courant d'air provenant du pôle négatif se dirige en ligne droite vers le pôle positif, c'est-à-dire dans le sens contraire à l'étincelle; il forme une gaine mobile, parallèle à l'étincelle et dont l'épaisseur, dans l'expérience décrite, était de 6 mm à 7 mm, l'épaisseur de l'étincelle elle-même ne dépassant pas 4 mm.

» Cette gaine mobile n'est pas localisée à un seul côté de l'étincelle : elle l'entoure en forme de cylindre, comme permettent de le constater les expériences suivantes :

» L'étincelle jaillit entre une pointe et un bec formé d'un faisceau de tubes en cuivre, tous de même longueur et de même diamètre (0,5 mm). Cette disposition présente cet avantage que la flamme est large et que l'étincelle sort de son intérieur, quand le bec est pôle positif. Dans ce cas, le courant aérien, arrivant du pôle négatif dans le sens contraire au courant gazeux, vient abattre la flamme. Aussi voit-on la flamme, au lieu de se diriger vers le haut, descendre suivant les parois du bec, comme

Les changements du dispositif expérimental ne modifient que l'aspect extérieur et non la nature même du phénomène, qu'on peut résumer ainsi : *a*) le courant d'air positif engendre l'étincelle qui, nécessairement aboutit au pôle négatif et transporte la matière du pôle positif au pôle négatif ; *b*) le courant d'air négatif sert d'enveloppe extérieure à l'étincelle ; il atteint le pôle positif si l'étincelle est rectiligne ; il n'atteint pas ce pôle si l'étincelle est curviligne.

Sur les effets électrostatiques d'une variation magnétique; par **V. Crémieu**. *Comptes rendus*. t. CXXXIV, p. 1423-1425.

Récemment, M. Carvallo [1] a montré que, dans l'interprétation nouvelle qu'il a donnée de la théorie de Maxwell, le résultat négatif d'une nouvelle expérience publiée antérieurement par M. Crémieu [2] ne serait pas en désaccord avec cette théorie.

M. Crémieu fait observer que le dispositif expérimental considéré par M. Carvallo n'est pas le seul qu'il ait employé. En particulier, il rappelle et décrit un dispositif [1] signalé seulement en quelques mots dans sa thèse (p. 30) et conclut ainsi :

« Dans toutes ces séries d'expériences, qui ont demandé, du reste, plusieurs mois d'expérimentation, j'ai eu constamment des résultats négatifs, alors que les effets calculés étaient très appréciables.

» C'est en croyant augmenter encore la grandeur de ces effets, et pour éviter des perturbations électrostatiques qui rendaient les expériences assez difficiles, que j'ai construit le dispositif que critique M. Carvallo ; c'est parce que je le considérais comme le meilleur que je l'ai seul décrit avec détail, me bornant à signaler les autres.

» Je me crois donc en droit de maintenir mes conclusions antérieures, relatives à la non existence des forces électriques créées dans les diélectriques par des variations magnétiques. »

Sur une perturbation magnétique, observée à Athènes le 8 mai 1902, par **D. Eginitis**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1425-1426.

Une perturbation magnétique, très sensible, affectant principalement la composante horizontale, un peu moins la déclinaison et excessivement peu la composante verticale, fut observée, le 8 mai, sur les courbes des enregistreurs magnétiques (système Mascart) installés depuis 1899 à l'observatoire d'Athènes ; elle a commencé à 1 heure 35 et continué jusqu'à environ 9 heures 30 (temps moyen astronomique d'Athènes). C'est la même perturbation que celle qui s'est mani-

---

le ferait un liquide sous faible pression, et former sur le bec une sorte de couvercle de feu. De son milieu émerge l'étincelle entrainant avec elle une faible partie de la flamme. La combustion devient incomplète; une forte quantité de charbon se dépose sur la partie supérieure du bec. Lorsque la flamme est négative, l'étincelle se termine toujours sur le bord du bec. Comme le courant d'air négatif est dirigé dans le même sens que la flamme, cette dernière ne subit aucune modification. »

[1] *Écl. Élect.*, t. XXXII, p. 72, 12 juillet 1902.

[2] *Écl. Élect.*, t. XXV, p. 131, 20 octobre 1900. Dans cette expérience, il s'agissait de faire tourner un anneau métallique coupé en deux et chargé électrostatiquement, à l'aide du champ électrique créé, en chaque point de l'espace, par les variations d'un solénoïde électromagnétique dont la section est concentrique de l'anneau.

M. Carvallo disait à ce sujet : « Au voisinage immédiat de la surface de séparation de l'anneau métallique et du diélectrique, la composante tangentielle de la force électrique induite par les variations magnétiques est négligeable, par suite de la présence même de l'anneau conducteur. Tout se passe dans les coupures, et celles-ci sont disposées de telle façon qu'il ne peut y avoir aucun effet sur la charge électrostatique préalablement donnée à l'anneau ; par suite, aucun mouvement de cet anneau. » Et M. Carvallo ajoute : « Pour avoir un couple moteur notable, il faudrait avoir de fortes charges préalables aux coupures que présente le demi-anneau. Le moyen de les obtenir est de remplacer le couple de demi-anneaux par un seul demi-anneau, ou par un secteur, et l'on n'a aucun intérêt à augmenter l'angle d'ouverture de ce secteur. »

[1] Un circuit magnétique fermé est constitué par un tube cylindrique vertical, une enveloppe concentrique et deux anneaux horizontaux réunissant les extrémités du tube et de l'enveloppe. Suivant l'axe du tube central se trouve un fil métallique soutenant une sorte de tourniquet formé de 6 tiges horizontales portant chacune, à son extrémité, une sphère conductrice de 15 mm de diamètre ou des petits secteurs métalliques plans de 20 mm de largeur ; six ouvertures percées au milieu de la hauteur du tube central. Sur ce tube est enroulé un fil formant, au-dessus et au-dessous des ouvertures dont il vient d'être question, deux bobines magnétisantes. Les sphères ou secteurs étant chargés par l'intermédiaire du fil de suspension, on fermait et rompait le circuit d'excitation. L'équipage mobile aurait dû recevoir une impulsion soit à la fermeture soit à la rupture du courant ; l'observation ne permit de déceler aucun déplacement.

festée à Paris, suivant la communication de M. Th. Moureaux à l'Académie (12 mars 1902), de midi 6 jusqu'à 8 heures du soir (t. m. de Paris), soit en même temps qu'à Athènes[1].

Photomètre physiologique, par **G.-M. Stanoiévitch**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1457-1458

L'an dernier, l'auteur décrivait un photomètre basé sur le principe d'une quantité d'énergie lumineuse minimum[2]. Ce photomètre a l'avantage de ne pas avoir besoin d'un étalon lumineux pendant les mesures, et la disposition décrite convient bien pour les sources lumineuses d'une intensité un peu faible, telles que les lampes à incandescence, becs de gaz, etc.

S'il s'agit de sources très intenses, telles que les lampes à arcs, on pourrait se servir du même appareil, en augmentant le nombre de verres dépolis qui se trouvent à l'extrémité dirigée vers la source lumineuse. Mais l'auteur préfère dans ce cas une disposition dont la description fait l'objet de sa nouvelle note[3].

---

(1) L'auteur ajoute :

« La catastrophe de la Martinique aurait eu lieu le même jour vers huit heures du matin (t. local), soit vers une heure quarante minutes (t. m. d'Athènes) ; l'éruption de la Montagne Pelée coïnciderait donc avec les troubles indiqués par nos appareils magnétiques.

» Mais si cette perturbation a, en effet, quelque rapport avec l'éruption volcanique en question, elle ne peut provenir que d'une cause purement magnétique ou électrique, et non pas d'une transmission mécanique des secousses sismiques, qui doivent avoir accompagné ce grand phénomène géologique. En effet, notre sismographe (système Agamemnone) n'a montré, pendant le même temps, absolument aucune agitation, tandis qu'il nous a donné jusqu'ici des traces très nettes d'un grand nombre de tremblements de terre très faibles, alors que les courbes magnétiques ne montraient pas la moindre agitation.

» Il en résulte donc, vu aussi la *simultanéité* du phénomène à Paris et à Athènes, que cette perturbation doit être de nature magnétique ou électrique. »

(2) *Écl. Élect.*, t. XXVIII, p. 459, 21 sept. 1901.

(3) « La partie oculaire de l'appareil, avec sa lentille convergente et les ouvertures de différentes formes, reste la même ; seulement, le diaphragme iris est remplacé par un diaphragme à ouverture fixe (de 1-2 mm). La partie dirigée vers la source lumineuse est changée de façon que, derrière le verre dépoli, on place une lentille convergente, d'une longueur focale de 5 cm à 10 cm ; le diaphragme iris, avec son tambour divisé, est alors placé immédiatement derrière cette lentille. Le diaphragme à ouverture invariable, qui occupe déjà le foyer de la lentille de la partie oculaire de l'appareil, doit occuper en même temps le foyer de cette seconde lentille.

» Le seul élément variable de l'instrument c'est l'ouverture du diaphragme iris ; la clarté de la lumière qui, de la source lumineuse, tombe sur le diaphragme invariablement, est proportionnelle à l'ouverture du diaphragme iris, c'est-à-dire au carré de son diamètre. En fermant plus ou moins le diaphragme iris, on laisse tomber sur le diaphragme invariable des quantités de lumière différentes, nécessaires pour faire apercevoir les différentes ouvertures qui se trouvent devant la loupe de la partie oculaire de l'appareil.

» Cette nouvelle disposition du photomètre a cet avantage sur l'appareil décrit précédemment, qu'elle permet des variations mieux graduées et qui, dans des limites plus larges, assurent à l'appareil un emploi plus général.

» Pour ce qui est de la graduation, de la construction des courbes et de l'emploi de l'appareil dans la rue, les manipulations restent les mêmes que pour l'appareil décrit précédemment. »

Séance du 23 juin 1902.

Nouvelles recherches sur les piles fondées sur l'action réciproque de deux liquides, par **M. Berthelot**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1461-1478.

Long mémoire dans lequel l'auteur expose minutieusement les résultats d'expériences « sur certaines piles dont l'énergie résulte de réactions salines, exercées entre deux liquides, au lieu de dériver de l'attaque des métaux, comme dans la pile de Volta et dans la plupart de celles mises en jeu par les industriels et les physiciens. » Ces expériences sont relatives aux points suivants :

1° Production par de semblables piles d'un courant électrique continu, d'intensité mesurable ;

2° Développement d'une force électromotrice proprement dite, susceptible d'atteindre une limite spécifique et définie, pour chacun des systèmes de pile envisagés, au même titre et sous les mêmes réserves que la pile de Volta primitive et analogues ;

3° Détermination de l'intensité du courant produit par ces piles, et comparaison de cette intensité avec celles qui sont susceptibles de fournir un débit électrolytique apparent, c'est-à-dire tel que les produits de l'électrolyse ne soient pas dissimulés par les phénomènes de diffusion, polarisation et autres.

Extension de l'hypothèse cathodique aux nébuleuses, par **H. Deslandres**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1486-1489.

L'auteur répond aux objections faites à sa théorie par M. Nordmann [1].

Recherches sur les phénomènes actino-électriques, par **M. Albert Nodon**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1491-1493.

L'auteur décrit des expériences montrant que lorsque des radiations lumineuses ou ultra-violettes sont projetées sur une lame conductrice mince, elles donnent naissance, sur la face non éclairée de cette lame, à des radiations analogues aux rayons X et aux rayons du radium.

Si l'on projette sur la paroi métallique un faisceau lumineux provenant de l'arc voltaïque, du magnésium ou du soleil, on constate aussitôt une décharge d'une sphère maintenue dans l'obscurité [2]. On évite tout échauffement de la paroi et de l'intérieur de la caisse sous l'influence de la source de lumière en interposant une cuvette transparente remplie d'eau entre la source de lumière et la caisse. On constate, du reste, que les effets de décharge sont sensiblement les mêmes quand la masse d'eau est interposée sur le trajet des radiations lumineuses ou bien lorsque les radiations frappent directement la paroi métallique. La décharge est d'autant plus rapide que l'intensité de la lumière est plus grande et que celle-ci est plus riche en radiations à faible longueur d'onde. L'arc produit entre des crayons de graphite munis d'âmes en aluminium est sensiblement plus actif que l'arc produit entre deux graphites ordinaires, par suite de sa plus grande richesse en radiations ultra-violettes.

Des résultats semblables sont obtenus en remplaçant l'écran métallique par une paroi de carton noir mouillé, l'eau jouant dans ce cas le rôle de conducteur.

La décharge de la sphère cesse chaque fois qu'on interrompt le passage de la lumière sur la paroi métallique, à l'aide d'un écran d'ébonite, par exemple.

Si l'on dispose une plaque métallique de plomb au voisinage de la paroi de la caisse et qu'on projette, sous une certaine incidence, des radiations de lumière sur la face interne de la plaque de plomb, on constate une décharge de la sphère électrisée placée dans l'obscurité.

Les radiations produites par l'action de la lumière sur la face éclairée d'une paroi métallique épaisse, ou sur la face opposée d'une paroi mince, possèdent la propriété de traverser avec facilité les métaux en lame mince et, en particulier, l'aluminium, le carton noir, le bois, le verre, les préparations photographiques ou les préparations radiographiques. Elles déchargent les corps électrisés, mais elles ne produisent pas de fluorescence sensible du platinocyanure de baryum, ni de réduction des sels d'argent, lorsque l'exposition est de courte durée.

« Ces radiations sont, conclut l'auteur, différentes des rayons catholiques, puisqu'elles traversent avec facilité les métaux et le carton noir; elles paraissent posséder des propriétés intermédiaires entre celles des rayons X et celles des rayons émis par le radium. Nous les désignerons sous le nom de *rayons radio-actiniques*. »

Sur un phénomène observé sur un excitateur dont les boules sont reliées à une bobine de Ruhmkorff, par **H. Bordier**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1493-1494.

En étudiant la décharge de la bobine de

---

[1] *Écl. Élect.* t. XXXII, p. 38, 5 juillet 1902.

[2] Le dispositif employé se compose d'une petite caisse prismatique en zinc noirci, munie d'une cloison verticale mobile, d'une porte latérale et d'une ouverture inférieure. Cette caisse est disposée sur un électromètre à feuille d'or unique enfermé dans une cage de Faraday.

La caisse métallique renferme une sphère en laiton, isolée, qui est disposée entre la paroi et la tige de l'électromètre.

La sphère est chargée d'électricité; elle forme condensateur avec la paroi dont elle est voisine.

La tige de l'électromètre forme plan d'épreuve au voisinage de la sphère électrisée et elle permet de mesurer les variations de charge de cette sphère par les déviations correspondantes de la feuille d'or de l'électromètre.

Les déviations de la feuille d'or sont mesurées à l'aide d'une lunette munie de fils réticulaires. La caisse métallique est parfaitement close à la lumière et elle est reliée à la terre.

Les expériences consistent à mettre préalablement la feuille d'or à la terre, puis à charger la sphère. La feuille d'or est primitivement au repos, et toute décharge de la sphère est accusée par une déviation de cette feuille d'or.

La cloison mobile est constituée par des lames minces interchangeables de divers métaux. Une seconde série de cloisons formées par des substances diverses, telles que du carton noir, du verre, du bois, de l'aluminium, etc., peuvent être disposées à l'intérieur de la caisse, entre la paroi métallique et la sphère.

Ruhmkorff au moyen d'un excitateur à boules, M. Bordier a trouvé que le potentiel explosif de la bobine peut être modifié par la production d'un dépôt de rosée sur l'une des boules de l'excitateur (¹).

Pour étudier commodément ce phénomène, l'auteur a construit un excitateur composé de deux boules creuses en laiton nickelé de 3 cm de diamètre : la boule destinée à être reliée à la cathode de la bobine porte un orifice fermé par un bouchon que traverse un thermomètre et deux petits tubes. En versant dans cette boule un liquide volatil, de l'éther par exemple, on arrive facilement, à l'aide d'un courant d'air, à abaisser progressivement la température de la boule.

Après avoir disposé les deux boules de manière que les étincelles ne puissent plus jaillir, on constate, pendant que la température de la boule cathode s'abaisse, qu'il arrive un moment où un flot d'étincelles ininterrompues se met à jaillir, bien que le dépôt de rosée ne soit pas encore visible à ce moment-là.

Si l'on détermine au même instant la température d'apparition de la rosée, en se servant d'un hygromètre à condensation, on trouve une température un peu inférieure à celle marquée par le thermomètre de la boule au moment du flot d'étincelles ; mais la température de disparition de la rosée de l'hygromètre correspond à peu près exactement à celle qu'indique le thermomètre de l'excitateur quand commence le phénomène décrit. Voici les nombres trouvés dans quelques séries d'expériences.

TEMPÉRATURES		
lues au moment des étincelles.	d'apparition de la rosée.	de disparition.
°	°	°
5,5	5,2	5,6
12,3	11,8	12,3
12,5	12,1	12,6
12,5	12,2	12,7
13,5	13,1	13,6
13,7	13,0	13,5

De ces chiffres, M. Bordier conclut qu'on pourrait utiliser ce phénomène pour déterminer la température de saturation nécessaire à la mesure de l'état hygrométrique de l'air.

Séance du 30 juin 1902

Action des rayons X sur de très petites étincelles électriques, par **R. Blondlot**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV. p. 1559-1560.

Lorsqu'on envoie des rayons X sur les boules d'un micromètre à étincelles, la distance explosive pour un potentiel donné augmente, ou, ce qui revient au même, le potentiel explosif pour une distance donnée des boules diminue. Cette propriété des rayons X a été découverte par M. Swyngedauw, en 1896.

M. Blondlot a constaté une autre action de ces rayons sur l'étincelle, action analogue à la précédente, mais qui en est toutefois distincte : faisons jaillir l'étincelle entre deux pièces de métal distantes d'un fraction de dixième de millimètre, la différence de potentiel employée étant un peu plus grande qu'il ne faut pour que l'étincelle éclate en l'absence de rayons X. Si alors on envoie ces rayons sur l'intervalle explosif, l'étincelle devient plus éclatante; si l'on supprime les rayons, l'étincelle reprend son aspect primitif (¹).

(¹) Ce phénomène est très simple à observer : pendant que la décharge de la bobine se fait, on augmente peu à peu la distance explosive jusqu'à ce que les étincelles ne puissent plus jaillir à jet continu; ce résultat étant obtenu, si l'on vient à faire déposer une légère couche de rosée sur les boules, en dirigeant par exemple l'air expiré sur l'excitateur, immédiatement les étincelles se remettent à jaillir d'une façon continue jusqu'à ce que la rosée ait disparu. Si l'on empêche le dépôt de rosée de se faire sur l'une des boules, en la chauffant au préalable, on reconnaît que le phénomène n'a lieu que si le dépôt se forme sur la boule communiquant avec la cathode de la bobine : il cesse si cette boule est chaude, l'autre étant froide.

Lorsque le flot d'étincelles a commencé sous l'influence du dépôt de rosée, on peut augmenter la distance explosive sans faire cesser la décharge de la bobine.

(¹) Cette expérience peut se faire très simplement de la manière suivante : Une tige de cuivre de 30 cm de longueur est coupée en son milieu, les extrémités en regard de la coupure étant limées en forme de pointes mousses. Les deux moitiés de cette tige sont fixées à un support en bois qui permet de régler à volonté la distance des pointes.

Cet appareil est disposé devant le tube de Crookes, et parallèlement à l'axe de celui-ci. Le tube étant actionné par une bobine d'induction, à chaque rupture du courant inducteur ses deux électrodes agissent par influence sur les deux moitiés de la tige de cuivre, et une petite étincelle jaillit à la coupure. Une lame de plomb étant interposée de façon à intercepter les rayons X, on modifie l'écartement des pointes et la distance du tube jusqu'à ce que l'étincelle, tout en étant extrêmement petite, se pro-

« Cette action des rayons X sur l'étincelle ne rentre pas, ajoute M. Blondlot, dans le phénomène connu de l'accroissement de la distance explosive. Ces deux phénomènes ont toutefois, selon toute vraisemblance, une explication commune : la diminution, par l'action des rayons X, de la résistance que l'air offre au passage de l'électricité. Cette diminution accroît l'éclat de l'étincelle, parce qu'elle accroît la quantité d'énergie mise en jeu à la coupure, toutes choses égales d'ailleurs. Le mot *résistance* n'est pas pris ici dans le sens absolument précis qu'il possède actuellement.

» On conçoit que l'on ne puisse observer le phénomène qui fait l'objet de cette Note qu'en employant des étincelles extrêmement petites ; si, en effet, l'étincelle est plus forte, et par conséquent plus chaude, la résistance de l'air est rendue très faible par l'étincelle elle-même, et la diminution que l'action des rayons X peut lui faire subir n'exerce plus qu'un effet inappréciable sur l'éclat de l'étincelle. »

Sur les moteurs à injection, par **L. Lecornu.** *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1566-1568.

Les considérations exposées dans la Note *Sur les moteurs à combustion* [1] s'étendent aisément aux moteurs basés sur l'injection progressive du combustible dans la chambre de combustion.

duise d'une manière extrêmement régulière, sans jamais manquer ; elle a alors l'aspect d'une petite lueur rougeâtre. On a eu soin d'envelopper le tube de papier noir afin d'obtenir une obscurité complète. Si alors on enlève la lame de plomb, l'étincelle devient instantanément plus éclatante et plus blanche ; si l'on replace la lame, l'étincelle reprend son premier aspect ; si l'on agite rapidement la lame de plomb, de manière à masquer et à démasquer alternativement la coupure, la petite lueur prend un aspect scintillant.

M. Blondlot s'est assuré que ces variations de l'étincelle ne sont pas dues à une modification de l'influence électrique par l'interposition de la lame de plomb : pour cela, il a répété l'expérience en remplaçant la lame de plomb par une lame d'aluminium de mêmes dimensions, ou même par une lame beaucoup plus grande : il n'a alors plus constaté aucune variation de l'éclat de l'étincelle. Du reste, avant d'employer l'appareil décrit ci-dessus, il produisait la petite étincelle à l'aide d'une bobine d'induction minuscule, actionnée par le même courant inducteur que celle qui fait fonctionner le tube : l'influence électrostatique des électrodes du tube de Crookes n'était alors pour rien dans la production de l'étincelle, et cependant les effets observés étaient les mêmes.

[1] *Écl. Élect.*, t. XXXII, p. 71, 12 juillet 1902.

« Prenons pour exemple le moteur Diesel : le cylindre, au début de la course, renferme de l'air pur, porté par compression adiabatique à une température élevée ; à mesure que le piston se déplace, on refoule dans l'enceinte du pétrole pris à la température ambiante T_0. J'admets que le refoulement est fait par filets assez minces pour assurer la combustion immédiate.

» Appelons U_0 l'énergie du système mixte constitué, avant la compression, par le poids m de pétrole liquide qui va être injecté pendant la course, et par le poids $1 - m$ d'air contenu dans le cylindre. Ce système est à la pression atmosphérique p_0 et à la température T_0. A la fin de la détente, au moment où commence l'échappement, l'ensemble constitue une masse unique de poids égal à l'unité, formée d'un mélange d'air et de pétrole brûlé, possédant la température T_1 et l'énergie W_1. Si l'on néglige le petit travail nécessaire pour refouler le pétrole dans le cylindre, on voit, comme précédemment, que le travail utile est $\mathfrak{T} = E(U_0 - W_1) + p_0(V_0 - V_1)$.

» L'expression du rendement dépend, ici encore, de la façon dont on entend évaluer la chaleur Q dégagée par la combustion. S'il s'agit de la combustion du pétrole liquide, effectuée à volume constant à la température T_0, et si W_0 désigne l'énergie du mélange après cette combustion, on a $Q = U_0 - W_0$ et la formule (1) de ma précédente Note demeure applicable. On doit seulement faire attention que U_0 est ici l'énergie comprenant le poids m de pétrole liquide, tandis que précédemment c'était l'énergie du mélange formé par l'air et par le combustible gazéifié. Si la chaleur Q est supposée dégagée à une température autre que T_0, il faut avoir recours à la formule plus générale (2).

» Il est intéressant de rechercher si, comme l'a prétendu M. Diesel, l'injection progressive de pétrole, calculée de manière à réaliser une combustion isothermique, donne, toutes choses égales d'ailleurs, un rendement plus avantageux que l'explosion. Pour résoudre cette question, imaginons qu'on commence par brûler progressivement dans le cylindre une partie du pétrole, de manière à obtenir, sous le volume V et à la température T, l'énergie J. Si, à ce moment, le surplus est brûlé instantanément, le volume ne change pas, non plus que l'énergie ; la température croît de T à T'. Poursuivons ensuite la

course par détente adiabatique et admettons que les produits suivent alors la loi de détente des gaz parfaits : $T' = hV^{1-\gamma}$, dans laquelle h est une constante. La température finale sera $hV_1^{1-\gamma}$ et, comme le volume V_1, correspondant au début de l'échappement, a une valeur donnée, le rendement sera d'autant meilleur que h sera plus petit. Supposons maintenant que, avant de produire l'explosion, on laisse continuer un instant la combustion progressive. Si pdv est le supplément de travail ainsi produit, on a $dJ + Ap\,dv = 0$. L'explosion donne ensuite une température $T' + dT'$, sans faire varier l'énergie qui conserve la valeur $J + dJ$. On a donc, en appelant c' la chaleur spécifique à volume constant du mélange totalement brûlé : $dJ = c'dT'$, d'où $c'dT' + Ap\,dv = 0$. D'ailleurs $\frac{dh}{h} = \frac{dT'}{T'} + (\gamma - 1)\frac{dv}{v}$. En combinant ces équations et en tenant compte de la relation $p'v = \frac{c'(\gamma-1)}{A} T'$ on trouve.

$$\frac{dh}{h} = \frac{A\,dv}{c'T'}(p' - p).$$

» $p' - p$ est l'augmentation de pression due à l'explosion à volume constant. On voit que dh a le signe de dv, c'est-à-dire que, en retardant l'explosion finale, on augmente h et, par conséquent, on diminue le rendement.

» Il est clair, d'après cela, que, pour obtenir le plus grand rendement possible, on doit produire l'explosion dès le début de la course.

» Ceci suppose, bien entendu, que la compression est dans tous les cas la même ; le principal avantage de la combustion progressive consiste à permettre d'augmenter cette compression sans dépasser à un instant quelconque la pression limite compatible avec la résistance du cylindre. »

Précautions à prendre en radiographie avec les bobines de Ruhmkorff, par **Infroit** et **Gaiffe**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1571-1572.

En comparant les radiographies obtenues avec les bobines et les machines statiques, les auteurs se sont aperçus que les dernières étaient toujours très nettes, tandis que les premières étaient souvent légèrement floues. Comme, lorsqu'ils employaient des bobines, les auteurs avaient toujours la précaution de supprimer le phénomène oscillatoire dans les tubes, par l'emploi d'une soupape de Villard, il fallait chercher une autre cause à ce manque de netteté. Ils pensent que ce défaut est dû à l'action du champ magnétique du faisceau de la bobine sur le flux cathodique de l'ampoule ; et en effet, si l'on approche un tube de la bobine qui sert à l'actionner, on voit que le foyer sur l'anode se déplace, s'étale en forme de ligne lumineuse : dans les conditions les plus avantageuses pour la révélation du phénomène, c'est-à-dire lorsqu'on met l'ampoule dans le prolongement et très près du faisceau, la tache lumineuse atteint jusqu'à 5 mm de longueur, et le flux cathodique est dévié de telle sorte que très souvent il passe à côté de l'anode.

Ce déplacement, visible dans les conditions précédentes, existe évidemment tant que l'on n'a pas soustrait le tube à l'action du champ magnétique, et, si peu qu'il se produise, il doit donner du flou aux images. Les auteurs en concluent qu'il y a intérêt, lorsqu'on cherche à obtenir des épreuves radiographiques en se servant de la bobine comme source, à mettre le tube à une distance suffisante pour que le flux cathodique ne soit plus dévié.

Action de la self-induction dans la partie extrême ultra-violette des spectres d'étincelles, par **Eugène Néculcéa**. *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1572-1575

Dans cette note l'auteur fait connaître quelques-uns des résultats qu'il a obtenus par l'emploi d'un dispositif dont il a donné le principe dans une communication faite à la précédente séance. Comme sur les radiations lumineuses, la variation de la self-induction a un effet très marqué sur certaines raies ultra-violettes.

Sur la vitesse des ions d'une flamme salée, par **Georges Moreau**. *Comptes-rendus*, t. CXXXIV. p. 1575-1577.

Le dispositif expérimental est le suivant : deux flammes identiques, dont l'une salée par vaporisation d'une solution alcaline de concentration connue, se frôlent à partir de leur demi-hauteur. Parallèlement à leur surface de contact, se trouve, dans la flamme pure, le plateau A d'un petit condensateur en platine, dont l'autre B est dans

la flamme salée. On les charge à une différence du potentiel croissante, et l'on note au galvanomètre le courant I produit.

En portant en abcisses les différences de potentiel et en ordonnées les intensités correspondantes, on obtient une courbe qui permet de déterminer la mobilité K ou vitesse d'un ion dans un champ électrique unité.

En effet, si le plateau A de la flamme pure est chargé positivement, les ions négatifs de la flamme salée sont attirés dans la flamme pure et filtrent à travers elle. Chacun d'eux est animé de la vitesse verticale v des gaz de la flamme et de la vitesse horizontale KX due au champ X du condensateur et, si cette vitesse est assez faible, tous les ions n'atteindront pas A. Un calcul élémentaire donne pour l'intensité du courant

$$(1) \qquad I = neSK(X - X_0), \quad \text{avec} \quad X_0 = \frac{vd}{Kh}$$

où S et h sont les surface et hauteur de A ; d sa distance à la surface de contact des flammes ; e la charge d'un ion négatif et n un nombre proportionnel à la densité des ions négatifs de la flamme salée.

L'équation (1) est celle d'une portion rectiligne de la courbe des intensités : l'abscisse à l'origine OE_0 donne le potentiel E_0 du champ X_0. On a

$$(2) \qquad \frac{E_0}{L} = \frac{vd}{Kh},$$

où L est la distance des plateaux du condensateur.

L'équation (2) fournit K, si l'on connaît v. On détermine la vitesse v d'entraînement de la flamme par l'observation de la déviation produite par la flamme sur un courant d'air de vitesse connue, lancé horizontalement dans ladite flamme [1].

En portant dans l'équation (2) les valeurs de V (70 cm sec), de h (1,1 cm), de d (2,2 cm), de L (3,2 cm) et celles de E_0 trouvées dans diverses expériences faites sur le chlorure, l'hydrate, l'azotate et le sulfate de potassium, et sur les mêmes composés du sodium, l'auteur a constaté que la mobilité de l'ion négatif, pour une concentration donnée, est indépendante du radical anionique qui doit le fournir d'après la théorie ordinaire de l'électrolyse. Pour chaque groupe de sels, elle diminue notablement quand la concentration croît à température constante. Pour les concentrations très faibles, elle tend vers la même valeur limite pour les sels de K et de Na.

« Ces résultats, ajoute M. Moreau, montrent nettement l'existence d'un ion négatif unique pour tous les sels alcalins. Sa mobilité est fonction de sa concentration. Suivant Arrhénius, ce serait l'ion OH, dû à l'hydrolyse des sels vaporisés. Je crois devoir faire des réserves sur cette hypothèse, car elle ne concorde pas avec mes observations sur les ions positifs que j'indiquerai prochainement. »

[1] La formule (2) suppose le champ du condensateur uniforme. A vrai dire, ce n'est pas rigoureux, car, pendant que les ions négatifs filtrent à travers la flamme pure, les ions positifs s'accumulent autour de l'électrode négative : la densité électrique n'est donc pas nulle entre les plateaux. On peut cependant la négliger, ainsi que l'inflexion des lignes de force au voisinage des bords, car, pour des *positions différentes de* A *vis-à-vis de* B, on observe *la même valeur de* K.

Sur le magnétisme des ferro-siliciums, par **Ad. Jouve.** *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1577-1579.

La qualité magnétique de l'échantillon considéré est déterminée par la mesure de l'influence attractive d'un électro-aimant parcouru par un courant produisant un magnétisme constant, sur une masse constante (25 gr) de ferro-alliage. Ce dernier était finement pulvérisé pour le rendre homogène, et contenu dans une petite boîte permettant d'opérer sur un corps de forme géométrique invariable. L'influence de l'enveloppe était préalablement mesurée, car elle n'était pas nulle.

L'auteur a fait un grand nombre de mesures, dans des conditions variées quant à la valeur du courant ; les résultats sont concordants, et, pour les comparer, il les a représentés graphiquement : on porte en Ox les richesses en silicium de l'alliage et directement en Oy les poids qu'il est nécessaire d'ajouter pour équilibrer l'influence de l'électro-aimant.

Les courbes obtenues présentent deux chutes brusques dans leur continuité, aux environs de 20 p. 100 de silicium, ainsi que de 33 p. 100. Entre ces deux points, c'est-à-dire entre 5 et 20 p. 100 et entre 20 et 36 p. 100, la courbe est sensiblement une droite, c'est-à-dire que, en dehors de ces deux points 20 et 33, l'in-

fluence d'un électro-aimant sur ces alliages est proportionnelle à leur richesse en silicium.

Or ces deux points d'inflexion correspondent aux deux composés définis du silicium avec le fer, Fe^2Si et $FeSi$. Donc, pour ces alliages, l'existence d'un composé défini se traduit sur la courbe représentative par une brusque diminution de la valeur de cette courbe ; on est donc en droit de conclure à la non-existence, entre 5 et 36,6 p. 100 de silicium, d'autres composés que Fe^2Si et $FeSi$.

Outre ces résultats, l'auteur a pu déduire de ses expériences un mode rapide de dosage du silicium : on pèse 25 grammes d'alliage et l'on équilibre sous un flux magnétique ; on obtient un poids p. D'autre part, on prend le même poids d'alliage à teneur connue R et on l'équilibre dans les mêmes conditions ; on a un poids p'. On cherche sur la courbe donnée par les expériences le poids P indiqué pour la teneur R. On fait le rapport $\frac{P}{p'}$ et, si l'on appelle p'' la valeur attractive de l'alliage inconnu pour la courbe ci-dessus, on a $\frac{P}{p'} = \frac{p''}{p}$; on définit de là p''. On cherche sur la courbe la richesse en silicium correspondant à cette valeur p'' et qui est celle de l'alliage à teneur inconnue.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du mercredi 9 juillet 1902

M. Rey expose les recherches qu'il a faites, dans le laboratoire de la maison Sautter-Harlé, sur l'***éclat des gros arcs électriques***.

Ces arcs, alimentés par des courants de 50 jusqu'à 200 et même 300 ampères, sont surtout utilisés pour les projecteurs, et c'est dans le but de perfectionner ces appareils que la maison Sautter-Harlé engagea ces expériences avec la collaboration de M. A. Blondel. Les essais furent commencés en 1892, puis repris en 1894, 1897, 1899 et décembre 1901.

Le diamètre des charbons positifs a varié de 15 mm à 49 mm. Il est très difficile d'obtenir des charbons d'un diamètre de 30 mm et au delà qui soient d'une fabrication absolument satisfaisante; ils manquent souvent d'homogénéité, présentent des fissures, et deux lots d'un même fabricant sont loin d'être comparables.

Il est aussi très difficile de maintenir un arc de très forte intensité stable et sans sifflement. Pour obtenir de bons résultats, il faut recourir à un courant aussi constant que possible; à ce point de vue, l'emploi des machines compound est préférable. Il est aussi nécessaire de donner à la résistance extérieure une valeur élevée, c'est-à-dire d'employer des voltages notablement supérieurs à ceux qu'on adopte ordinairement; la chute de voltage ne doit pas être inférieure à 30 et même 35 p. 100 de la tension totale; ainsi, avec un arc de 200 ampères, qui prend 60 volts entre les charbons, la tension aux bornes de la dynamo ne doit pas être inférieure à 90 ou 95 volts.

Les expériences ont porté sur la détermination de l'éclat intrinsèque : 1° du cratère; 2° de la pointe du charbon négatif; 3° des parties rouges du charbon positif; 4° de la flamme de l'arc.

C'est le cratère qui est la principale source de lumière; les pointes des charbons ne donnent guère que 1 à 2 p. 100 de la lumière totale et la flamme est plutôt absorbante.

La méthode de mesures employée est la méthode directe imaginée par M. Blondel : un faisceau lumineux limité par un diaphragme est concentré par une lentille, sur un photomètre ou sur un écran qui, violemment éclairé de cette façon, est pris comme source de lumière qui est photométrée. On démontre que, dans ces conditions, les quantités mesurées sont proportionnelles à l'éclat d'une surface du cratère égale à la surface du diaphragme.

Ces mesures sont très longues, car il faut les répéter un grand nombre de fois pour obtenir des moyennes qui, seules, peuvent être acceptées. En effet, les variations de l'arc sont si fréquentes et si importantes que deux mesures consécutives donnent des résultats très discordants; mais quand on ne tient compte que des moyennes d'un grand nombre d'expériences, on voit que les chiffres ainsi obtenus sont toujours concordants pour toutes les séries d'expériences.

Ces variations rapides de l'arc rendent aussi inutile l'emploi d'appareils de précision. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec un simple photomètre à taches.

La source de lumière étalon était une lampe à pétrole du modèle des phares, donnant envi-

ron 2 carcels. On a essayé d'autres sources de lumière dont la teinte se rapprochait davantage de celle de l'arc, mais sans obtenir de meilleurs résultats.

Les principaux résultats donnés par ces expériences sont les suivants :

La tension du courant n'a pas d'influence sensible sur l'éclat intrinsèque du cratère.

L'éclat intrinsèque augmente avec l'intensité du courant. Avec des charbons d'un diamètre donné, il croît suivant une courbe d'allure parabolique, passant par l'origine et ayant son axe parallèle à l'axe des x.

La même densité de courant dans des charbons de diamètres différents ne correspond pas au même éclat; à densité égale, l'éclat diminue avec le diamètre des charbons.

Les différences mesurées sont d'ailleurs assez faibles dès qu'on étudie des arcs de 60 ampères et au-dessus. Ainsi, tandis qu'un arc de 60 ampères, avec charbon positif de 23 mm, donne un éclat de 231 pyrs par millimètre carré, un arc de 250 ampères avec charbon de 49 mm, donne un éclat de 277 pyrs par millimètre carré. Pour des arcs plus petits, les différences d'éclat sont plus importantes : un arc de 25 ampères avec charbon positif de 20 mm ne donne qu'un éclat de 143 pyrs par millimètre carré.

Ces variations d'éclat avec l'intensité peuvent s'expliquer par le refroidissement que cause le contact avec l'air extérieur. Les courbes calculées en se basant sur cette hypothèse coïncident, en effet, presque exactement avec les courbes expérimentales.

Les résultats sont en contradiction avec ceux des expériences classiques de M. Violle ; ce savant, dit M. Rey, avait annoncé que l'éclat du cratère était indépendant de l'intensité du courant; nos expériences montrent qu'il n'en est rien ; cela peut tenir à ce que M. Violle opérait sur des arcs enfermés dans un four électrique, et aussi à ce que M. Violle employait pour ses mesures la méthode photographique, laquelle ne donne aucune garante de précision.

M. Villard ne croit pas que les conclusions de M. Violle soient infirmées par celles de Rey. Ses expériences, qui ont porté sur des arcs de 10 à 12 000 ampères, ont été faites, avec tout le soin qu'on peut attendre d'un physicien ; la méthode photographique, très imparfaite, n'a été employée qu'à titre de contrôle; la méthode réellement employée, seule scientifique, est la méthode spectrophotométrique ; toutes les causes d'erreur avaient été éliminées. Dans ces conditions, les expériences ont montré que l'éclat, dans une partie de l'arc, est indépendante de l'intensité du courant. Ce résultat, très satisfaisant au point de vue philosophique, montre qu'on se trouve en présence d'une sorte d'ébullition, ou de sublimation du charbon qui a lieu à température constante. L'ébullition peut n'avoir lieu que dans le centre du cratère ; les bords, portés à une température voisine de l'ébullition, sans l'atteindre pourtant, ont un éclat beaucoup moindre, variable avec l'intensité du courant qui élève on abaisse cette température. Or, on sait qu'une faible variation de la température entraîne une différence considérable d'éclat. En résumé, les conclusions de M. Violle ne paraissait aucunement ébranlées.

Sur une question de M. Laporte, M. Rey dit que l'éclat de la mèche est toujours inférieur à celui du charbon proprement dit, ce qui provient de la différence de composition des deux substances. G. P.

Le Gérant : C NAUD.

Tome XXXII. | Samedi 26 Juillet 1902. | 9e Année. — N° 30.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

NOTE SUR LES CARACTÉRISTIQUES EN CHARGE

Dans une communication faite à la Société internationale des Électriciens, le 4 juin 1900, M. Picou a bien voulu m'attribuer une construction graphique relative à la construction des caractéristiques en charge des dynamos. Cette construction appartient bien en réalité à M. Picou, et n'a de commun avec la mienne que les deux points suivants : l'emploi de deux caractéristiques et leur disposition à droite et à gauche de l'axe des flux. Ma construction est la suivante :

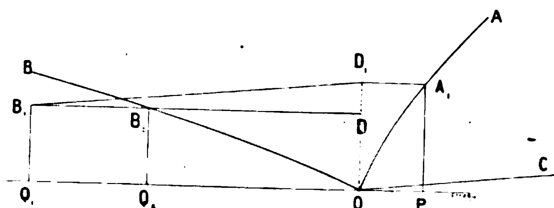


Fig. 1.

La courbe OA (fig. 1) a pour ordonnées les flux dans l'inducteur, et pour abscisses les ampères-tours demandés par ces flux, ou 0,8 $\times$ le produit du flux par la réluctance des inducteurs traversés par ce flux; la courbe OB a pour ordonnées les flux utiles ou flux dans l'induit et pour abscisses, comptées de droite à gauche, les ampères-tours correspondant au passage de ce flux, dans l'induit et l'entrefer; OC serait la courbe correspondante, donc une droite, pour la partie aérienne du champ de dispersion des inducteurs, ou des lignes de force n'arrivant pas à l'induit; enfin Q_1Q_2 est le nombre d'ampères-tours de réaction d'induit, ou somme algébrique des ampères-tours d'induit, comptés entre les axes de deux pôles consécutifs.

Ceci posé, la question à résoudre est : construire l'excitation nécessaire pour produire un flux utile $\Phi = OD$ dans l'induit.

Pour cela, on mène, DB_2B_1 parallèle à OQ, puis B_1D_1 parallèle à OC, puis D_1A_1 parallèle à OP_1 jusqu'à la rencontre de la courbe OA; la distance P_1Q_1 des ordonnées de A_1 et B_1 est le nombre d'ampères-tours cherché. En effet, les ampères-tours demandés par le champ de dispersion sont l'excès des ampères-tours portés par les électros, ou P_1Q_1 sur les ampères-tours OP_1 pris par ceux-ci, soit OQ_1, et le flux de dispersion ainsi produit est bien l'excès du flux A_1P_1 sur le flux utile B_1Q_1, puisque B_1D_1 est parallèle à OC.

La construction ci-dessus n'est pas celle de M. Picou, qui se proposait la détermination de la chute de tension, elle donne la solution d'un autre problème. Comme M. Picou le fait remarquer, elle ne conduirait pas, pour des alternateurs, à des caractéristiques rigoureusement parallèles pour des courants complètement déwattés; mais ce parallélisme paraît, dans l'état actuel, suffisamment approché.

A. Potier.

NOUVEAUX PERMAMÈTRES [1]

9. **Perméamètre Lamb et Walker.** — Arrivons maintenant aux nouveaux perméamètres anglais qui ont motivé cette étude. Le premier en date a été présenté à l'Institut des Ingénieurs électriciens de Londres, le 2 mai 1901, par MM Lamb et Walker [2]; c'est un appareil dans lequel la réluctance du fer étudié est comparée à la réluctance variable d'un entrefer dont la longueur peut être mesurée exactement.

Ce perméamètre a déjà été décrit dans ce journal [3], nous n'y reviendrons pas et nous nous contenterons de rappeler les points suivants.

La graduation de l'appareil a été faite de deux manières différentes. Pour les valeurs élevées de $\mathcal{B}$, on a mesuré la force magnétomotrice totale, puis on a retranché la correction nécessaire pour l'action des joints, et on a divisé le reste par la longueur effective du barreau.

Dans la seconde méthode, applicable surtout aux faibles valeurs de $\mathcal{B}$, l'échantillon a été placé dans le perméamètre et l'induction mesurée à l'aide d'une bobine d'exploration et d'un galvanomètre balistique. Le terme de correction a été alors déterminé par la différence des valeurs de la force magnétisante indiquée par le perméamètre et par la méthode du joug. Les valeurs de μ obtenues dans ces expériences ont permis de tracer les courbes (fig. 3 et 4, p. 115), qui donnent μ et $\frac{1}{\mu}$ en fonction de la longueur de l'entrefer. Le terme de correction est assez petit, il est d'environ 9 ampères-tours pour $\mathcal{B} = 15\,000$, ce qui, d'après les tableaux de résultats publiés, correspond à peu près à 0,9 gauss à retrancher du champ magnétisant pour cette induction.

La critique que l'on peut faire à cet instrument, critique que l'on vérifie facilement sur les courbes, c'est que la lecture faite sur la vis est d'autant plus faible que la perméabilité de l'échantillon étudié est plus grande, par conséquent les erreurs sont d'autant plus grandes que l'on a affaire à un échantillon de meilleure qualité. — La *sensibilité* de l'appareil est très grande, mais ce qui intervient ici, ce sont les causes mécaniques : jeu de la vis, petites erreurs dans la position de la culasse. — La comparaison des chiffres d'essai

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 12 juillet, p. 54.

(2) *Journal of Inst. of. Elect. Eng.* t. XXX, p. 930, juin 1901.

(3) *L'Éclairage Électrique*, t. XXXI, p. 113, 19 avril 1902.

sur de l'acier doux et du fer de Lowmoor, montre que des erreurs de 3 p. 100 environ peuvent être commises en prenant toutes les précautions possibles et pour des perméabilités assez faibles. A ces erreurs s'ajoutent celles commises sur la valeur de $\mathcal{H}$ à cause des joints et de l'incertitude sur la longueur réelle du barreau soumis à l'essai, car il faut remarquer qu'ici la mesure de la perméabilité remplace celle de l'induction et que, comme nous l'avons déjà dit, $\mathcal{B}$, $\mathcal{H}$ et μ n'ont séparément aucun intérêt, il faut toujours connaître la fonction qui relie deux de ces valeurs.

10. Perméamètre Baily. — L'appareil du professeur F. G. Baily [1] mesure directement la perméabilité. Deux bobines magnétisantes reçoivent deux échantillons du fer étudié, mis sous forme de barreaux plats et longs. Les extrémités de ces barreaux s'engagent, par un

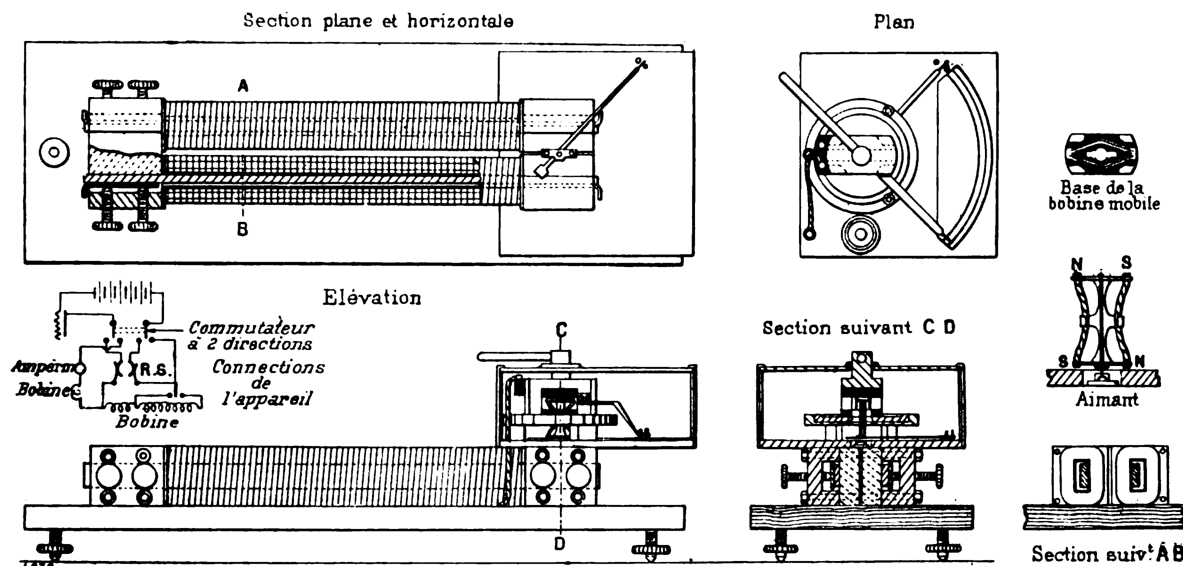


Fig. 8 à 15. — Perméamètre Baily.

bout, dans une culasse commune et, par l'autre bout, dans deux pièces polaires séparées par un étroit entrefer (fig 8 à 15). Des boutons de serrage assurent le contact entre les échantillons et les culasses. Au-dessus des pièces polaires se trouve placé un équipage astatique, formé de deux barreaux aimantés, susceptible de tourner autour d'un axe parallèle aux lignes N S de chaque aimant. Les pôles NS inférieurs de cet équipage sont soumis à l'action des pièces polaires qui tendent à les diriger suivant les lignes de force du circuit magnétique et les pôles supérieurs sont placés au centre d'une bobine parcourue par le courant magnétisant ; cette bobine peut tourner sur un axe parallèle à l'axe de rotation de l'équipage, de sorte que l'on peut amener le plan de ses spires à faire un angle quelconque avec les lignes de force du circuit magnétique.

Les choses étant ainsi, il est possible de se servir de l'appareil comme d'une boussole des sinus : il faut faire tourner la bobine mobile jusqu'à la position pour laquelle son action sur les pôles supérieurs fait équilibre à l'action des pièces polaires sur les pôles inférieurs; à ce moment l'équipage astatique se trouve ramené dans une position parallèle à l'entrefer ménagé entre les pièces polaires et la position de la bobine est fonction de la perméabilité.

---

[1] *The Electrician*, Londres, t. XLVIII, p. 172, 22 novembre 1901.

La théorie de l'instrument s'établit facilement : les pôles inférieurs sont soumis à une force proportionnelle au flux qui traverse le circuit magnétique ; cette force f étant toujours perpendiculaire au plan des aimants, quand l'équipage est à sa position d'équilibre, on peut écrire :

$$f = A\,\mathcal{B},$$

A étant une constante qui dépend des dimensions et de la forme de l'appareil.

D'autre part, la bobine mobile exerce sur les pôles, une action proportionnelle au courant I qui la traverse ; or, on peut admettre, comme première approximation, que le champ magnétisant est proportionnel à cette intensité I

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi N I}{L} = K I,$$

par suite, le couple exercé par la bobine mobile, sur l'aimant, est :

$$f' = M\,I\,f(\alpha) = \frac{M\,\mathcal{H}}{K} f(\alpha),$$

en appelant α l'angle que fait l'axe de la bobine mobile avec la direction NS de l'équipage, et M une constante.

L'équilibre est obtenu quand on a :

$$f' = f. \qquad \frac{M\,\mathcal{H}}{K} f(\alpha) = A\,\mathcal{B},$$

et alors :

$$\mu = \frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}} = \frac{M}{K\,A} f(\alpha)$$

Comme le système aimanté n'est pas de dimensions infiniment petites, $f(\alpha)$ diffère de $\sin \alpha$, mais à la limite on aurait :

$$\mu = \frac{M}{K\,A} \sin \alpha.$$

Nous savons que dans un circuit magnétique comme celui-ci, la force magnétisante est plus petite que la valeur calculée en partant des ampères-tours. Appelons L, S et μ_0, la longueur, la section et la perméabilité de l'échantillon étudié ; λ, σ et μ', les mêmes quantités pour les pièces polaires et la culasse ; l et s, la longueur et la section de l'entrefer. Nous devons avoir :

$$4\pi N I = \mathcal{B}\,S\left(\frac{L}{S\,\mu_0} + \frac{\lambda}{\sigma\,\mu'} + \frac{l}{s}\right),$$

Mais nous avons écrit comme approximation :

$$4\pi N I = \mathcal{H}\,L = \frac{\mathcal{B}\,L}{\mu},$$

d'où :

$$\frac{L}{\mu} = \frac{L}{\mu_0} + \frac{\lambda\,S}{\sigma\,\mu'} + \mu_0\,\frac{l\,S}{s\,L}, \qquad \text{et} \qquad \mu_0 = \mu\left(1 + \frac{\mu_0}{\mu'}\,\frac{\lambda\,S}{\sigma\,L} + \mu_0\,\frac{l\,S}{s\,L}\right).$$

Si la réluctance des pièces polaires et celle de l'entrefer sont petites devant celle de l'échantillon, on peut remplacer μ_0 par μ dans le facteur entre crochets, et le terme de

correction à ajouter à la perméabilité *apparente* μ, pour avoir la perméabilité *vraie* μ_0 peut être déterminée d'avance, et la graduation de l'appareil établie en conséquence.

En se rapportant à peu près au dessin, on voit que les échantillons étudiés doivent avoir environ 40 cm de longueur, sur 2 cm de largeur et 0,5 cm d'épaisseur. L'enroulement est établi de telle sorte que un ampère donne un champ de 100 gauss. L'étalonnage est fait au moyen du galvanomètre balistique.

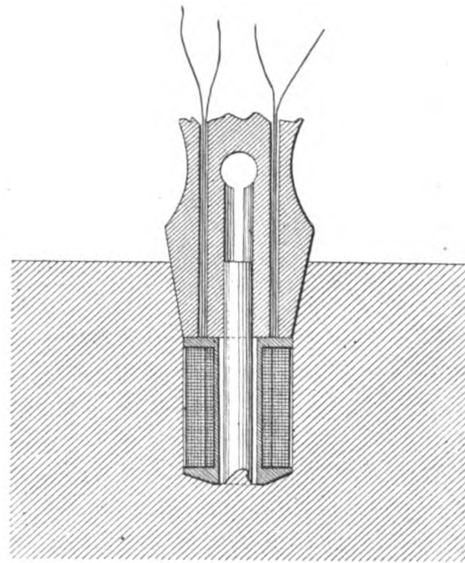


Fig. 16. — Coupe de la bobine d'essai du perméamètre Dyrsdale.

11. Perméamètre Drysdale [1]. — L'origine de cet appareil se trouve dans le vœu, souvent formulé par les constructeurs, de pouvoir essayer le fer dans un point quelconque de sa masse, avec le minimum de travail et sans être obligé de prélever un échantillon susceptible de modifier la forme des pièces étudiées.

Pour arriver à ce résultat, M. Drysdale perce, dans le fer à essayer, des trous annulaires assez petits pour être forés dans une partie où ils ne causent aucune perturbation : dans l'emplacement des trous de boulons, par exemple. Le trou, qui est percé au moyen d'une fraise annulaire spéciale; a, dans sa partie cylindrique, un diamètre de 9,55 mm, et une profondeur totale de 16 mm environ ; la tige cylindrique réservée au centre a un diamètre de 2,5 mm ; cette forme est vue en coupe dans la figure 16. A l'aide de la fraise spéciale, chacun de ces trous peut être percé en dix à vingt minutes.

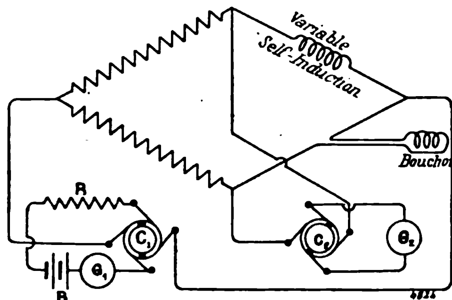


Fig. 17. — Emploi du perméamètre avec méthode de zéro.

En plaçant une bobine magnétisante sur la tige centrale, et en fermant le circuit magnétique à l'aide d'un bouchon de fer doux, on constitue un perméamètre dans lequel l'échantillon est la tige cylindrique centrale. Le bouchon est conique, pour s'ajuster exactement dans la partie supérieure du trou, qui est également conique, et il est fendu, de façon à venir se serrer sur la tige centrale.

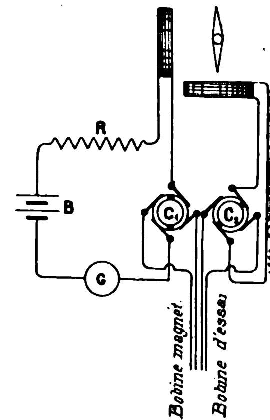


Fig. 18. — Emploi du perméamètre avec un ohmmètre.

La bobine magnétisante est attachée au bouchon de fer et le tout est monté sur un manche qui facilite la manipulation. La bobine renferme deux enroulements : bobine magnétisante et bobine d'exploration ; la première est enroulée de telle sorte que le champ $\mathcal{H}$, exprimé en gauss, est numériquement égal à l'intensité, exprimée en milliampères. L'appareil est construit pour un maximum de $\mathcal{H} = 100$ gauss. Les extrémités

(1) *Inst. of. Elect. Eng.* 28 novembre 1901. *The Electrician*, Londres, t. XLVIII, p. 267, 6 décembre 1901.

des enroulements sont reliées à des fils souples qui traversent la poignée et vont s'attacher dans la boite de manipulations.

Différentes méthodes de mesure peuvent être employées avec ce perméamètre. La méthode de zéro, schéma (fig. 17), consiste à mesurer la self-induction de la bobine magnétisante, au moyen d'un commutateur tournant, comme dans le secohmmètre de Ayrton et Perry, et à rétablir l'équilibre du galvanomètre, au moyen d'une bobine de self-induction variable.

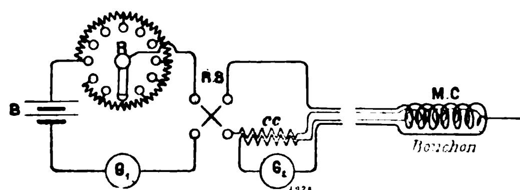


Fig. 19. — Schéma de la méthode balistique.

En employant un ohmmètre, dans lequel une des deux bobines reçoit le courant magnétisant, tandis que l'autre reçoit le courant induit dans la bobine d'exploration, et en faisant encore usage du commutateur, afin que les courants inducteur et induit conservent le même sens relatif, on obtient, sur l'ohmmètre, une déviation permanente, qui est proportionnelle à la *perméabilité* de l'échantillon, schéma (fig. 18).

Ces deux méthodes, malgré la simplicité de la manœuvre qu'elles exigent, sont peu recommandables et bien inférieures à la méthode balistique; c'est d'ailleurs à celle-ci que M. Drysdale s'adresse de préférence, schéma (fig. 19). Deux formes de boites de mesures ont été réalisées dans ce but. Dans la première (fig. 20), on se borne à mesurer la perméabilité de l'échantillon pour une force magnétisante unique et supposée constante, — elle est engendrée par des piles sèches! — dans ce cas, le galvanomètre balistique peut évidemment être gradué pour donner directement la perméabilité. La boite, qui a 28 cm de longueur, sur 19 cm de largeur et 29,2 cm de hauteur, renferme deux éléments de pile sèche, le galvanomètre balistique G, et la clef d'inversion K.

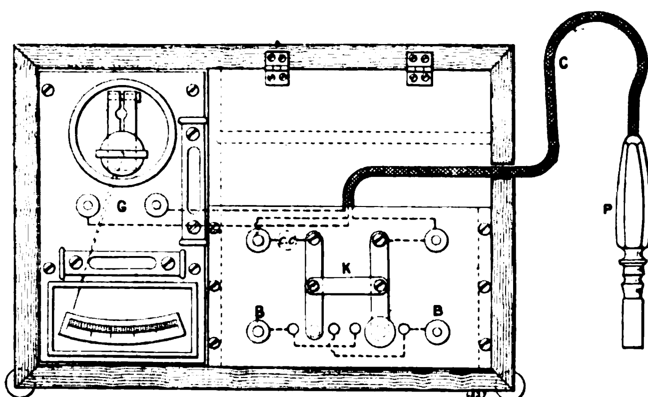


Fig. 20. — Boite de mesure du perméamètre, modèle simple.

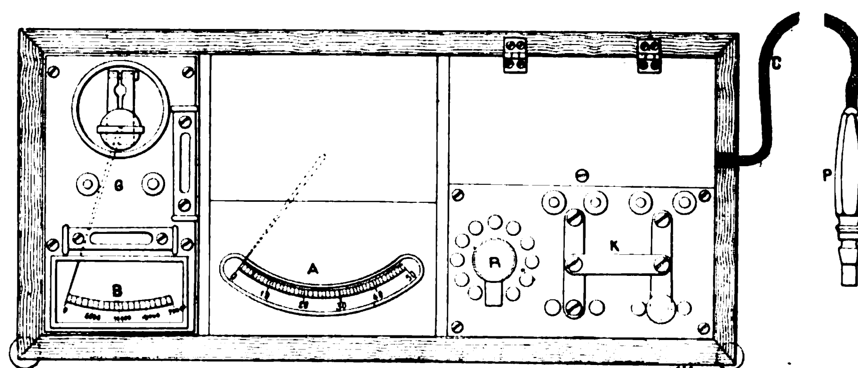


Fig. 21. — Boite de mesure du perméamètre, modèle complet.

La seconde boite est un peu plus grande; elle renferme, en plus, le milliampèremètre A,

et le rhéostat R, (fig. 21); sa longueur est portée à 39,3 cm. Avec cette boîte on peut tra-

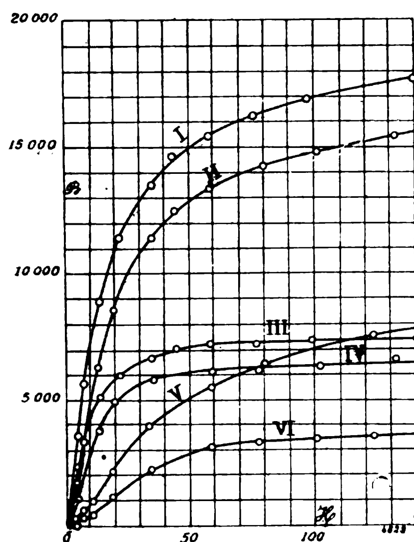


Fig. 22. — I, acier doux; aimantation totale. II, fer forgé; aimantation totale. III, acier doux: aimantation résiduelle. IV, fer forgé; aimantation résiduelle. V, fonte; aimantation totale. VI, fonte; aimantation résiduelle.

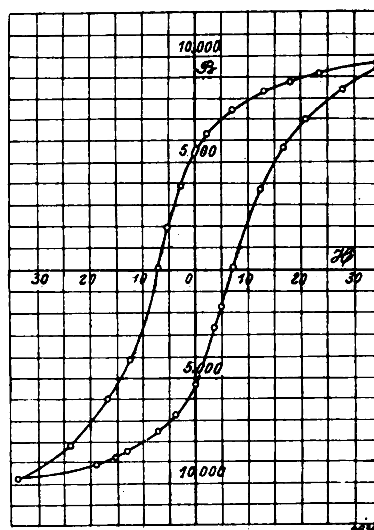


Fig. 23. — Cycle complet, fer forgé.

cer la courbe complète de $\mathcal{B} = f(\mathcal{H})$, par renversement, ou le cycle complet, par la méthode de Rowland.

Pour obtenir, avec cet appareil, des résultats concordants, il faut que les trous percés dans le métal soient bien cylindriques, ainsi que la tige centrale; cette dernière doit avoir exactement le diamètre demandé et les surfaces doivent être très nettes. Le bouchon de fer doit s'ajuster rigoureusement dans la partie conique du trou, et doit bien se serrer sur la tige centrale; c'est pour assurer cette dernière condition que le bouchon est fendu, ce qui permet aux deux parties de se refermer sous la pression résultant de la forme conique. En coupant plusieurs pièces de fer dans lesquelles avaient été percés des trous d'essai, M. Drysdale s'est assuré que la longueur de la tige comprise entre le fond du trou et l'arête du boulon variait au plus de 0,02 mm, sur une longueur totale de 12,7 mm, tandis que les écarts sur le diamètre atteignaient à peine 0,012 mm, soit moins de 1 p. 100 sur la section.

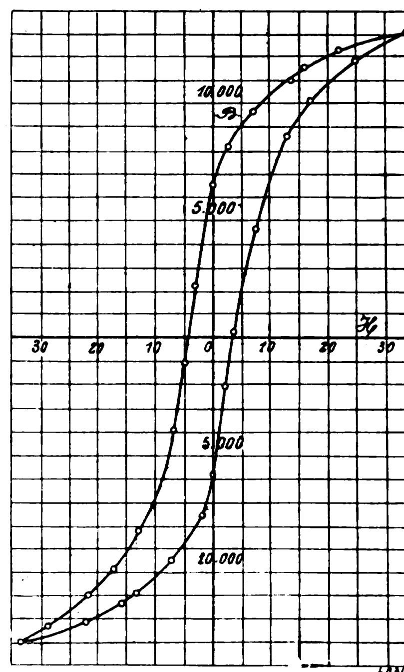


Fig. 24. — Cycle complet, acier doux.

Pour vérifier l'effet des joints, l'inventeur s'est assuré qu'en plaçant et déplaçant le bouchon à plusieurs reprises, l'écart constaté n'atteignait pas une division, pour une élongation totale de 230 divisions. Comme cette élongation correspond évidemment à une induction élevée, il est facile de voir, en se reportant à la figure 5, que, pour une force magnétique constante, des écarts très notables de la reluctance des joints n'affectant que

très peu l'induction ; cette preuve n'est donc pas très concluante. Il y a plus, l'examen de la figure 22 montre que, pour l'acier doux, la perméabilité maximum atteint à peine 770, ce qui, malgré la variabilité des aciers du commerce, paraît extrêmement bas. M. Evershed a fait une objection analogue à propos du magnétisme rémanent du fer forgé, (fig. 22), dont la valeur est environ la moitié de celle que l'on trouve ordinairement.

Les figures 23 et 24 montrent des cycles complets relevés avec ce perméamètre.

La réluctance de la masse de fer extérieure au bouchon est, paraît-il, négligeable. M. Drysdale l'a vérifié de la façon suivante : il a fait tourner le morceau de fer, concentriquement au trou, en diminuant successivement le diamètre et en faisant des mesures à chaque opération. Dans ces conditions, il a trouvé qu'il fallait arriver à une épaisseur de paroi inférieure à 1,58 mm, pour commencer à noter une différence dans les résultats. Cette expérience n'est pas plus concluante que la précédente, si l'on admet que le terme de correction dû au joint est considérable.

De la discussion qui a suivi la présentation de ce perméamètre [1], il semble résulter que cet instrument n'a pas été suffisamment comparé à d'autres appareils ou aux autres méthodes équivalentes, et que les résultats qu'il donne sont simplement relatifs. Or, les résultats relatifs ne sont suffisants que lorsqu'ils différencient nettement les échantillons et, dans toutes les circonstances où l'erreur inconnue du joint est très élevée, cela tend, au contraire, à atténuer la différence entre les matériaux, ce qui est, industriellement, inadmissible.

H. Armagnat.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE URBAINE ET SUBURBAINE

D'APRÈS UN RAPPORT DE M. A. MONMERQUÉ INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

Au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences (de l'A. F. A. S. par abréviation) qui eut lieu à Bordeaux en 1895, la section du Génie Civil avait mis à l'ordre du jour de ses travaux l'étude de la « Traction mécanique des tramways ». Ce sujet, d'intérêt général à cette époque où de nombreuses villes, Bordeaux en particulier, songeaient à substituer la traction mécanique à la traction animale sur leurs réseaux de tramways, donna lieu à un rapport très substantiel de M. Guibert ainsi qu'à une discussion très approfondie, rapport et discussion que notre ami G. Pellissier a fait connaître à nos lecteurs dans une série d'articles fort documentés publiés dans ce journal en novembre et décembre 1895. [2].

Le développement considérable pris par la traction mécanique et spécialement par la traction électrique pendant ces dernières années a eu nécessairement pour conséquence d'élucider bien des points de la discussion de 1895 ; il a de plus suscité dans le public des exigences impérieuses concernant la vitesse et le confort, exigences dont il n'était guère question il y a sept ans. Aussi le conseil de l'A. F. A. S. a-t-il pensé qu'il était utile de

---

[1] *The Electrician*, Londres, XLVIII, p. 340, 20 décembre 1901.

[2] G. Pellissier. Sur la traction mécanique des tramways, *L'Éclairage Électrique*, t. V, p. 289, 345, 400, 447, 503, 545 et 577 ; 16, 23 et 30 novembre, 7, 14, 21 et 28 décembre 1895.

reprendre la question sur de nouvelles bases en profitant de l'expérience acquise et il a décidé qu'elle serait portée à l'ordre du jour du prochain Congrès qui se tiendra dans une quinzaine de jours (du 7 au 14 juillet) à Montauban; par une heureuse innovation, la discussion en aura lieu en séance plénière, toutes sections réunies.

M. A. Monmerqué a été chargé du rapport devant servir de base à la discussion; les quelques années qu'il a passées à la Compagnie générale des omnibus de Paris en qualité d'ingénieur en chef des services techniques le mettaient à même de remplir cette tâche en y apportant des idées personnelles reposant sur des documents comparatifs de haute valeur; il n'a pas manqué de le faire, bien qu'il qualifie modestement son travail « une note rapide qui, loin de constituer une étude, a simplement pour objet de poser la question et de provoquer les études et les communications au Congrès. »

C'est ce rapport, ou cette note, que nous nous proposons d'analyser ici, en insistant plus particulièrement sur les points que le rapporteur signale comme devant donner lieu à discussion (1); nous suivrons dans cette analyse l'ordre même adopté dans le rapport.

---

(1) Pour ceux de nos lecteurs qui, connaissant bien la question, désireraient passer des prémisses aux conclusions, nous reproduisons immédiatement ci-dessous les conclusions du rapporteur :

« Nous formulerons comme il suit les conclusions de cette note :

» I. Au point de vue général. — 1° Le moteur électrique offre des avantages particuliers pour la traction mécanique dans les villes, en raison de sa souplesse, de son élasticité, ainsi que de sa facilité de conduite, de démarrage et d'entretien.

» 2° L'application de la traction électrique est relativement simple, pourvu que le moteur soit en connexion permanente avec l'usine génératrice : on obtient ainsi une grande légèreté dans le matériel.

» 3° Dans cet ordre d'idées, les systèmes qui, au point de vue de la sûreté, régularité et simplicité de l'exploitation, paraissent les meilleurs sont :

» Pour les chemins de fer, le système dit du troisième rail.

» Pour les tramways, le système dit du fil aérien.

» 4° Quoique le système dit du trôlet automoteur procède du même principe, son emploi dans les villes semble ne pouvoir être qu'exceptionnel.

» 5° Les systèmes à accumulateurs électriques, dans leur état actuel, sont lourds ; en outre, ils offrent de graves inconvénients pour le public au point de vue de l'odeur, et les difficultés de leur entretien rendent l'exploitation irrégulière et coûteuse.

» Leur application ne paraît pouvoir être envisagée que dans des cas exceptionnels, ceux où l'on peut remplacer les batteries après des parcours relativement faibles et les charger lentement dans de bonnes conditions de surveillance.

» 6° La traction électrique peut être appliquée dans les villes à trois modes de locomotion, savoir :

» Les métropolitains et les chemins de fer suburbains,

» Les tramways,

» Les voitures automobiles à accumulateurs, dites accumobiles.

» II. Au point de vue des chemins de fer. — 7° L'application de la traction électrique aux métropolitains et aux chemins de fer suburbains offre au point de vue technique des avantages incontestables et de réelles facilités. Au point de vue financier, quand il s'agit de transformation, d'installations existantes non amorties, la solution reste plus incertaine.

» 8° Les principaux points à étudier dans la question des chemins de fer électriques dans les villes, qui semblent mériter l'attention du Congrès sont les suivants :

» A. — Au point de vue technique : *a*) Description des divers métropolitains urbains et comparaison des divers systèmes ; *b*) Nature et tension du courant électrique à employer ; *c*) Dispositions spéciales à employer pour le matériel roulant ; *d*) Capacité des voitures et des trains. Fréquence des trains.

» B. — Au point de vue économique : *a*) Dépenses de premier établissement ; *b*) Dépenses d'exploitation ; *c*) Développement de la circulation et son influence sur les dépenses d'amortissement de l'installation.

» III. Au point de vue des tramways. — 9° L'application de la traction électrique aux tramways dans les villes offre des difficultés, soit au point de vue de l'esthétique avec le fil aérien, soit au point de vue des dépenses de premier établissement et des sujétions qu'il entraîne pour la voie publique avec le caniveau souterrain, soit en ce qui concerne les systèmes à contacts superficiels pour ces raisons et d'autres, comme par exemple l'irrégularité de fonctionnement.

» 10° Dans l'état actuel de l'industrie, au moins en ce qui concerne les quartiers en dehors de ceux du centre, le système qui paraît préférable pour les villes est un système mixte constitué par le fil aérien avec caniveau pour

***

I. Considérations générales. — M. Monmerqué rappelle d'abord que la traction mécanique dans les villes et leurs banlieues doit remplir, qu'elle s'effectue sur chaussée, sur eau ou sur plate-forme spéciale, certaines conditions particulières dont les trois principales sont : absence d'odeur, de fumée et d'une manière générale absence d'émission dangereuse ou simplement nuisible pour le public ; facilité de conduite et d'entretien du mécanisme moteur; rapidité des démarrages et par suite vitesse commerciale satisfaisante.

Ces trois conditions primordiales sont parfaitement remplies par les divers systèmes de traction électrique, sauf toutefois par le système avec accumulateurs. En ce qui concerne la première condition, la traction par l'air comprimé peut seule être comparée avec la traction électrique et c'est ce qui explique l'adoption de ce mode de traction dans certains cas, « malgré le coût élevé des frais d'exploitation ». En second lieu, la conduite d'une voiture électrique demande moins de soin et d'entretien que celle d'une voiture à air comprimé ou à vapeur; sa manœuvre facile peut être enseignée très rapidement à tout manœuvre « qui, avec un peu de sang-froid et d'attention devient facilement un *wattman*, sans pour cela être *mécanicien*. » Enfin par suite de la propriété inhérente au moteur électrique excité en série d'avoir un couple de démarrage considérable, les démarrages des véhicules électriques peuvent-être rendus très rapides, et, si le freinage est puissant, les temps perdus aux arrêts sont sensiblement moindres avec la traction électrique qu'avec tout autre mode de traction.

Ces avantages de la traction électrique mis en évidence, le rapporteur examine son application aux divers genres de transports en commun des voyageurs, genres qui sont au nombre de deux : les transports sur chaussées (omnibus électriques) et les transports sur rails, se subdivisant eux-mêmes en deux catégories, ceux dont les rails sont posés sur chaussées (tramways) et ceux qui utilisent une plate-forme spéciale (chemins de fer métropolitains qui peuvent être exclusivement urbains ou en même temps urbains et suburbains).

II. — Métropolitains électriques. — L'application de l'électricité à la traction des métropolitains se trouve justifiée non seulement par les avantages généraux indiqués ci-dessus,

les traversées des rues, carrefours, etc. Les dispositions techniques doivent être prises pour assurer en vitesse le passage d'un système à l'autre.

» 11° Les principaux points à étudier dans la question des tramways électriques dans les villes et qui semblent mériter l'attention du Congrès sont les suivants :

» A. — Au point de vue technique : *a*) Disposition des aiguillages dans le système à caniveau souterrain ; *b*) Traction mixte avec fil aérien et caniveau ; disposition pour passer en vitesse d'un système à l'autre : *c*) Etat actuel des systèmes à contacts superficiels à tous points de vue, notamment en ce qui concerne le bon fonctionnement des plots, la sécurité publique et les pertes de courant ; *d*) Progrès faits dans ces dernières années dans l'application des accumulateurs électriques à la traction des tramways.

» B. — Au point de vue économique : *a*) Frais de premier établissement et d'exploitation du caniveau souterrain ; durée nécessaire pour l'amortissement des dépenses suivant diverses valeurs du coefficient d'exploitation ; *b*) Frais d'entretien des lignes à contacts superficiels ; *c*) Frais d'entretien des accumulateurs pour traction des tramways.

» IV. Au point de vue de l'automobilisme. — 12° L'application de la traction électrique dans les villes aux voitures automobiles est possible avec les accumulateurs ; mais l'entretien de ces derniers est très coûteux dans leur état actuel.

» 13° Les principaux points à étudier dans la question de l'automobilisme électrique et qui semblent mériter l'attention du Congrès sont les suivants :

» A. — Au point de vue technique : *a*) Derniers progrès réalisés dans la construction des voitures automobiles électriques, notamment au point de vue des châssis, de la direction et du mécanisme moteur ; *b*) Derniers progrès réalisés dans la construction des accumulateurs électriques pour voitures automobiles ; *c*) Derniers progrès réalisés dans la fabrication et l'entretien des bandages pneumatiques.

» B. — Au point de vue économique : *a*) L'application des voitures automobiles électriques, dans l'état actuel des accumulateurs, paraît-elle possible pour un service public ? En cas d'affirmative, exposer les conditions dans lesquelles il convient de se placer ; *b*) Dépenses de premier établissement et frais d'exploitation. »

mais encore par le fait que sur les métropolitains de New-York et de Londres on substitue ce mode de traction à la traction à vapeur utilisée jusqu'ici. « De pareilles transformations, dit M. Monmerqué nécessitent des dépenses considérables; il est nécessaire d'admettre que les avantages de la traction électrique sont assez grands pour les justifier. »

Mais si l'on est d'accord sur la nécessité d'adopter la traction électrique, on l'est beaucoup moins sur plusieurs points de détail, en particulier sur les suivants à propos desquels le rapporteur soulève de nombreuses questions :

1° *Mode d'alimentation.* — Les voies des métropolitains étant posées sur plate-forme spéciale, inaccessible au public, l'alimentation des voitures ne présente pas autant de difficultés que dans le cas des tramways. Par suite des grandes intensités du courant nécessitées par le poids considérable et la vitesse élevée des convois, on a été amené à adopter presque généralement l'alimentation par un conducteur en acier de forte section placé à peu de hauteur au-dessus du sol parallèlement aux rails de roulement; c'est le *troisième rail.*

Ce rail est accessible au personnel qui circule sur les voies ; il peut se trouver accessible au public si, par suite d'un accident, les voyageurs sont obligés de descendre sur la voie. Divers dispositifs ont été employés pour atténuer ces inconvénients. Quels résultats ont-ils donnés? Certaines critiques adressées à l'installation du Métropolitain de Paris sont-elles fondées? Dans les installations futures quel dispositif adopter?

D'un autre côté le frotteur de prise de courant a donné lieu, sur certaines lignes, à quelques difficultés. Quelle est la meilleure disposition?

2° *Nature et tension du courant.* — Le courant continu sous la tension de 500 à 750 volts est exclusivement employé pour l'alimentation des moteurs des métropolitains actuels. Récemment à propos de la transformation des métropolitains à vapeur de Londres, on a proposé l'emploi des courants polyphasés sous tensions plus élevées déjà utilisées sur plusieurs lignes de montagne [1]. Tout en reconnaissant que le courant continu a fait ses preuves et que c'est une raison majeure pour l'adopter, le rapporteur se demande si les moteurs polyphasés sans collecteurs n'offriraient pas des avantages bien précieux pour l'obtention des grandes

---

[1] La ligne intérieure (Inner circle) appartient à deux compagnies ; l'une, la Metropolitan Ry C°, proposait par raison d'économie, avec l'appui technique de la maison Ganz de Budapest, l'emploi du courant alternatif triphasé à 3000 volts, utilisé directement dans les moteurs du train après avoir été recueilli sur des conducteurs aériens, les moteurs étant disposés en série avec emploi de basse fréquence, cette disposition devant particulièrement favoriser le démarrage. L'autre compagnie, la Metropolitan district Ry C°, tout en ayant recours au courant alternatif pour la production et la transmission de l'énergie, demandait à le convertir avant emploi du courant continu, conformément aux exemples des installations analogues déjà existantes. Le différend a été soumis au Board of Trade qui l'a tranché en faveur du courant continu, en invoquant uniquement la nécessité de recourir à un système déjà éprouvé pour ne pas s'exposer à des tâtonnements, pouvant être onéreux, qui feraient disparaître et au delà les avantages allégués en faveur du courant alternatif.

Rappelons que M. von Kando a, dans un article intitulé « La traction électrique par courants triphasés à haute tension sur lignes interurbaines » publié l'an dernier dans ce journal (*L'Écl. Élect.*, t. XXVII, p. 212, 17 mai 1901), montré qu'au point de vue de la sécurité l'emploi des hautes tensions alternatives n'a guère plus d'inconvénients que l'emploi des tensions continues de 500 à 750 volts. M. Monmerqué insiste sur ce point et dit : « Les hautes tensions alternatives de 2 000 et 3 000 volts, sont, dit-on, plus dangereuses que les tensions continues de 500 à 750 volts et, en cette matière, il est évidemment nécessaire de tenir compte des conditions de sécurité. On peut cependant se demander si le contact accidentel d'un être humain avec du courant continu à 750 volts n'est pas aussi dangereux qu'avec du courant alternatif à haute tension. Il a même été démontré par l'expérience qu'on peut rappeler à la vie des foudroyés par courant alternatif plus facilement que des foudroyés par courant continu. On sait qu'à cet égard le foudroiement produit des effets absolument analogues à ceux de l'asphyxie et qu'il convient de traiter les foudroyés comme les noyés en leur appliquant les diverses méthodes connues de respiration artificielle et en particulier la traction rythmée de la langue. Les accidents d'ailleurs sont très rares et le deviendront de plus en plus, grâce à l'expérience et aux progrès de la science. Dans ces conditions, doit-on se priver des avantages spéciaux d'un système, sous prétexte d'une aggravation de danger qui reste douteuse ? »

vitesses et, il conclut ainsi : « Il appartient aux ingénieurs compétents de faire valoir les avantages et les inconvénients des deux systèmes et aux directeurs des installations existantes de rendre compte des résultats constatés à cet égard. Il semble que, pour les trains ordinaires des grandes lignes, l'électricité doit coûter sensiblement plus cher que la vapeur : son emploi doit-il être limité aux exploitations des gros centres genre tramways? »

3°. *Disposition du matériel roulant.* — Le peu d'encombrement de l'équipement électrique a conduit à l'emploi de voitures à voyageurs automobiles; d'autre part, pour rapprocher autant que possible des conditions d'exploitation des chemins de fer à vapeur, on utilise aussi des locomotives. L'emploi des voitures automobiles n'excluant pas l'utilisation de voitures ordinaires dans la composition des trains, on a donc le choix entre trois systèmes : système par locomotives, système n'employant que des voitures automobiles dit système à « unités multiples », et enfin le système mixte où un train est formé de voitures automobiles et de voitures ordinaires.

Les avantages et inconvénients relatifs de ces trois systèmes pourraient être utilement discutés par le Congrès [1].

Une seconde question se rapportant au matériel roulant dont la discussion serait aussi des plus utiles est celle de savoir s'il convient d'employer sur les métropolitains des moteurs à engrenages comme sur les tramways ou des moteurs sans engrenages (*gearless*). [2] « Les constructeurs de chaque type pourront répondre aux diverses objections en exposant les perfectionnements réalisés dans ces dernières années, notamment en ce qui concerne la connexion des engrenages et de l'essieu par un accouplement élastique. »

---

(1) Cette question a été traitée à plusieurs reprises dans ce journal, en particulier dans les articles de M. J.-W. Blackstone « Les trains à automotrices multiples commandées d'un seul point » publiés dans les numéros du 25 janvier et du 29 mars 1902 (t. XXX, p. 113 et 453).

Dans son rapport, M. Monmerqué résume comme il suit les arguments fournis par les promoteurs de chaque système et les applications qui ont été faites de ces systèmes :

« Les partisans d'emploi exclusif de voitures automobiles signalent les principaux avantages suivants pour ce système : *a*) Facilité de modifier la composition des trains suivant les besoins du service, les voitures étant toutes semblables, en un mot grande souplesse des services ; *b*) Meilleure utilisation de l'adhérence et par suite vitesse plus grande pour un même poids mort ; *c*) En cas d'avarie du moteur sur une voiture, le service est toujours assuré.

» Mais il semble qu'à côté de ces avantages il y a certains inconvénients, dont les principaux paraissent être les suivants : *a*) Augmentation de dépense du matériel roulant, les voitures automobiles coûtant plus chères que les voitures ordinaires ; *b*) Diminution du rendement moyen du train, car plusieurs moteurs de faible puissance consomment plus qu'un gros moteur ; en outre la multiplicité des engrenages absorbe un travail inutile et l'on s'en aperçoit dans les pentes, par exemple ; *c*) Augmentation des chances d'avaries et des frais d'entretien ; *d*) Complication du système.

» Si on veut conclure en faveur d'un système ou de l'autre, d'après le choix qui a été fait dans les diverses installations existantes, il semble que le premier système a la préférence sur le second.

» La première ligne métropolitaine électrique, celle du City and South London Ry, a été équipée avec des locomotives ; ce système permet l'emploi de gros moteurs qui ne pouvaient pas être logés sur les automobiles. Mais il semble démontré que le poids mort du système de traction est plus grand que dans l'autre et la préférence paraît rester aux voitures automobiles. Toutefois, dans le cas d'une exploitation où l'on reprend et remorque des trains ordinaires de grandes lignes, l'emploi de la locomotive semble s'imposer. Au contraire, dans les exploitations de métropolitains genre tramways, les automotrices paraissent avantageuses. Il est facile d'en mettre une à l'avant, l'autre à l'arrière, de façon à obtenir un train symétrique, ce qui simplifie l'exploitation aux terminus. »

(2) « Les partisans des moteurs à engrenages font remarquer qu'ils sont plus légers, moins encombrants, moins coûteux et que leur rendement est aussi bon en vitesse normale, même y compris les engrenages. Les moteurs gearless sont plus difficiles à monter et démonter, et pour les suspendre d'une manière élastique il faut recourir à un arbre creux, ce qui complique le système. En outre ils sont difficilement applicables aux basses vitesses.

» D'un autre côté les partisans des moteurs gearless accusent l'autre type d'être bruyant et plus coûteux d'entretien en raison des dents d'engrenage. En cas de rupture d'une dent, une voiture et avec elle le train peuvent être immobilisés, l'exploitation peut être arrêtée. »

Un dernier point à examiner est celui des dimensions et dispositions intérieures des voitures [1]. Convient-il d'adopter le gabarit normal des chemins de fer ordinaires? Les voitures à deux portes et à couloir intérieur sont-elles préférables aux voitures à compartiments séparés avec nombreuses portes? A cet égard, les directeurs des installations existantes pourront fournir des renseignements intéressants.

4° *Fréquence des trains.* — La question de la capacité des voitures est liée avec celle de l'exploitation et en particulier avec le nombre de places par trains et leur fréquence.

Il est bien connu qu'avec la traction électrique on a intérêt à multiplier les trains et à diminuer la capacité de chacun. Mais jusqu'à quelle limite de fréquence peut-on descendre? En l'augmentant, on augmente les chances d'accident; il est donc nécessaire d'examiner de très près cette question. Les signaux automatiques perfectionnés qu'on emploie aujourd'hui permettent d'aller plus loin qu'autrefois, dans le rapprochement des trains; mais il y a évidemment une limite minimum : il serait intéressant que d'une part les directeurs d'exploitation, d'autre part les constructeurs de signaux fissent connaître leur opinion à cet égard. Avec la vapeur, autrefois sur l'Elevated Railvay, de New-York, la fréquence des départs atteignait 1 minute un quart; peut-on aller plus loin et prévoir, sans manquer aux règles imposées par la sécurité, des départs espacés de 30 secondes, comme l'indiquent certains ingénieurs?

5° *Exploitation en navette ou par boucles.* — « Avec la traction électrique au moyen de voitures automobiles, en ayant soin d'en mettre, sans parler des intermédiaires, une en tête, une autre en queue du train, on peut exploiter en navette; le machiniste se déplaçant seul au terminus et la voiture de tête devenant la voiture de queue au retour. Il y a, il est vrai, une manœuvre de changement de voie à faire, mais elle est fort simple. Certaines exploitations préfèrent avoir des boucles aux terminus, de sorte que la voiture de tête reste toujours en avant, même au retour. Ces boucles ne laissent pas que d'être fort coûteuses de premier établissement. Il arrive quelquefois que les deux intérêts, correspondant, l'un aux dépenses de premier établissement, l'autre à celles d'exploitation, ne sont pas les mêmes. Dans ce cas il est difficile de savoir si la solution adoptée, par exemple celle de la boucle, est la

---

[1] M. Monmerqué s'exprime ainsi sur ce point :

« Les dispositions des voitures dépendent beaucoup du gabarit imposé au matériel. Avec la traction à vapeur, le gabarit est fixé par celui de la locomotive où l'on est toujours gêné pour y placer les divers organes, dès que la puissance est un peu grande. Avec la traction électrique, il n'en est pas de même, les moteurs électriques se placent sur les essieux des voitures. Dans ce cas le gabarit est plutôt fixé par des considérations étrangères à la traction proprement dite, par exemple par la question de dépenses de premier établissement, quand la ligne est en totalité ou en grande partie en souterrain.

» Il y a deux manières générales de disposer les voitures, soit avec des compartiments séparés et banquettes transversales, comme sur les chemins de fer ordinaires et le métropolitain à vapeur de Londres, le plus ancien de tous, soit avec un petit nombre d'ouvertures par voiture, deux par exemple, avec couloir intérieur longitudinal. Ce dernier système supprime un certain nombre de places assises par voitures; mais en réduisant le nombre des portes à fermer pour le départ, on réduit la durée de stationnement et on augmente par suite la vitesse commerciale. Ce dernier système semble préféré sur les métropolitains électriques qui ont avant tout pour objet d'offrir aux voyageurs une vitesse supérieure à celle de la traction à vapeur.

» La disposition à adopter avec ce dernier système ne semble pas encore fixée d'une manière définitive : les nouvelles voitures du Métropolitain de Paris, quoique offrant le même nombre de places, assises et debout, sont différentes des anciennes, notamment au point de vue des dimensions des ouvertures. Pour la raison que nous venons de citer, il est important que ces ouvertures, tout en restant en petit nombre, soient aussi grandes que possible pour faciliter le passage des voyageurs. A Paris, avec la disposition des premières voitures, on comptait que pour chaque voiture la porte amont serait réservée à l'entrée des voyageurs et la porte aval à la sortie. Mais la pratique a démontré qu'il était difficile de faire exécuter cette consigne par le public, toujours pressé de monter, même avec une très grande surveillance du personnel des trains. Mieux vaut peut-être faire chaque ouverture assez grande pour qu'elle puisse servir sans gêne à la fois pour la montée et la descente. »

meilleure. Il serait utile d'avoir, sur cette question, l'avis d'ingénieurs compétents, envisageant avec une égale impartialité les deux intérêts en présence. »

6° *Extension au service des banlieues.* — Les chemins de banlieue avec départs même fréquents (toutes les 10 minutes à certaines heures) ne peuvent toujours lutter avec les tramways électriques passant toutes les 2 minutes ; plusieurs villes des Etats-Unis nous en offrent la preuve. Aussi le rapporteur considère-t-il comme évident que la traction électrique finira par s'imposer aux chemins de fer suburbains ; on peut même dire que pour beaucoup la transformation serait déjà un fait accompli si ce n'était la dépense de premier établissement. Dans quelles conditions doit être accomplie la transformation pour être avantageuse à la fois pour les compagnies et pour le public ?

7° *Dépenses et recettes des chemins de fer électriques.* — L'installation électrique grève lourdement l'exploitation par l'amortissement, les intérêts du capital de premier établissement. D'autre part, bien que la production de l'énergie dans une usine centrale, avec des unités de grande puissance, soit économique, il ne faut pas oublier qu'avec l'emploi généralement usité du courant continu, il y a des transformations multiples entre les bornes des génératrices et la jante des roues de voitures et que le prix de revient de l'unité d'énergie dépensée aux jantes est environ le double du prix de revient à l'usine ; de plus le matériel roulant est soumis, en raison des démarrages et arrêts fréquents, à un service relativement pénible et les frais d'entretien sont loin d'être négligeables. Dans ces conditions la traction électrique risque de ne pas être aussi économique qu'on aurait pu l'espérer.

Il est vrai que, par contre, on peut compter sur une augmentation considérable du trafic en raison de l'augmentation dans la fréquence des trains et dans le confort offert aux voyageurs.

« Quel est le résultat final ? et quels sont les prix les plus avantageux que les métropolitains et chemins de fer suburbains peuvent offrir au public [1] ? L'Association espère que les directeurs des exploitations existantes feront connaître leur avis à cet égard, appuyés sur leur compétence et leur expérience de façon à éclairer dans l'avenir les administrations concédantes aussi bien que le public, tous deux aussi intéressés que les exploitants à la mise en lumière de la vérité. ».

III. — Tramways électriques urbains. — En ce qui concerne l'application de l'électricité aux tramways, le rapporteur examine d'abord si chacun des systèmes actuellement utilisés (fil aérien, caniveau, accumulateurs, contacts superficiels) constitue une solution satisfaisante à tous points de vue.

1° *Fil aérien* — Après avoir rappelé les inconvénients reprochés à ce système au triple point de vue de l'esthétique, des détériorations des conduites d'eau et de gaz et de la sécurité du public, le rapporteur mentionne les perfectionnements peu à peu apportés au système en vue d'atténuer ces inconvénients. M. Monmerqué conclut ainsi :

« Malgré les perfectionnements réalisés, malgré le succès incontestable de son fonctionnement, le fil aérien n'est pas autorisé dans les grandes villes. La nécessité, comme nous le verrons plus loin, oblige à le tolérer, mais avec des restrictions telles que les exploitants ont toujours une épée de Damoclès suspendue au-dessus de leur tête.

---

[1] « En général, le prix est de 20 centimes par voyageur. Peut-on abaisser ce prix ? Sur le Métropolitain de Paris, le prix des places est de 25 centimes en 1re classe, 15 centimes en seconde, avec le matin, jusqu'à 9 heures, distribution pour cette classe de billets d'aller et retour à 20 centimes. Le prix moyen de la place pour 1901 ressort en nombre rond à 15 centimes et comme l'exploitant verse à titre de péage pour l'amortissement du capital infrastructure 5 centimes (le chiffre exact ressort à 0,0497 fr. pour 1901) à la ville de Paris, le prix moyen par voyageur, restant à la Compagnie, ressort à 9 centimes 97 ; ce prix semble bas. »

» Les ingénieurs, pénétrés des avantages techniques de la solution, acceptent volontiers son emploi dans les grandes voies et on connaît de bons esprits auxquels ne répugnerait pas l'installation du fil aérien sur les grands boulevards à Paris. Mais les municipalités, timides devant les électeurs, dont elles s'exagèrent souvent les répugnances, n'ont pas le courage de dire que rien n'est parfait en ce monde et qu'en tout il faut peser les avantages et les inconvénients.

» Il appartiendra aux intéressés de rappeler une fois de plus les diverses solutions pour réduire les inconvénients au minimum. »

2° *Caniveau.* — Le système à caniveau répond à toutes les objections faites au système précédent ; il a par contre l'inconvénient de coûter fort cher. On lui a reproché de gêner la circulation publique par la présence d'une troisième file de rails suivant l'axe de la voie ; ce reproche n'a pas de raison d'être lorsque le caniveau est latéral. Mais dans ce dernier cas les aiguillages sont délicats. Des renseignements pourraient être fournis au Congrès sur certains points.

3° *Accumulateurs.* — Le rapporteur s'étend assez longuement sur ce système ; nous reproduisons ci-dessous son exposé (¹) nous bornant à en retenir ici la conclusion : Le sys-

(¹) « L'interdiction du fil aérien et le coût élevé du caniveau souterrain ont naturellement conduit à employer les accumulateurs électriques. Avec eux on a tous les avantages des moteurs électriques, il est vrai, mais aussi on perd tout le bénéfice de la légèreté de la voiture. On n'a pas comme avec la vapeur une petite usine sur la voiture, mais on a un accumulateur chimique avec tous ses inconvénients.

» Les accumulateurs électriques sont employés de deux manières différentes, à la charge lente ou rapide.

» Dans les accumulateurs à charge lente, on décharge l'accumulateur d'une façon normale de 2,1 volts par élément à 1,80. Dans l'autre cas, on décharge très peu l'accumulateur, afin de pouvoir le recharger plus vite. On conçoit que la durée de charge, suivant le poids d'accumulateurs employés, peut varier depuis la durée correspondant à la charge normale jusqu'à un chiffre très faible, soit de une heure et demie à quelques minutes. Avec la charge lente, si la batterie est sur la voiture, celle-ci est immobilisée pendant la charge, d'où une augmentation de dépense de matériel roulant. En outre, il faut pour cette charge que la voiture rentre au dépôt, ce qui suppose ou un cas particulier et exceptionnel pour la position du terminus ou un haut le pied qui peut être long et coûteux.

» Avec la charge rapide, on est conduit à avoir des poids de batteries considérables, atteignant jusqu'à 4 000 kg par voiture de 50 places. Ce poids est naturellement fonction de la longueur du trajet. En outre, on ne saurait, à moins de recourir à des poids vraiment déraisonnables, descendre avec la longueur ordinaire des lignes au-dessous de 15 minutes de charge. On est ainsi amené à avoir beaucoup de voitures en stationnement, ce qui encombre la voie publique.

» En outre de ces inconvénients, qui sont d'autant plus sérieux que les parcours sont plus longs, les profils de lignes plus difficiles et la fréquence des départs plus grande, il y en a un autre inhérent aux accumulateurs mêmes. Ces appareils emmagasinent l'électricité par suite d'une action chimique et on ne possède pas d'instrument analogue au niveau d'eau qui sert à indiquer et à suivre les conditions de remplissage d'un réservoir. Or il est nécessaire que la charge de l'accumulateur soit complète, sinon il se détériorerait, et au bout de peu de temps n'emmagasinerait plus l'électricité. Or, dès que la charge est complète, si on la continue, l'électrolyte est décomposé et il en résulte des dégagements de gaz, qui peuvent offrir deux sortes d'inconvénients. Le premier, le plus habituel, et très difficilement évitable, consiste dans le dégagement de vapeurs acides qui incommodent les voyageurs et détériorent les objets. Le second, plus rare heureusement, mais qui peut se produire surtout à fin de charge et pendant qu'elle dure encore, c'est la recombinaison de l'hydrogène et de l'oxygène naissants, provenant de la décomposition de l'eau de l'électrolyte. Cette combinaison peut se produire sous l'influence d'un corps enflammé quelconque ou d'une étincelle électrique, même microscopique, comme celles que l'on constate soit à la fin de toute charge sur les électrodes quand le niveau de l'électrolyte vient à baisser, soit par suite des dérivations entre bacs, sous l'influence de l'atmosphère chaude et humide qui enveloppe les accumulateurs.

» Peut-on remédier à ces inconvénients et les prévenir ?

» Oui, dans une certaine mesure ; non d'une manière absolue.

» La première mesure à prendre consiste à ne pas mettre la batterie dans la caisse de la voiture, de façon à éloigner, d'une part, les voyageurs, les différents gaz et, d'autre part, à pouvoir largement ventiler la batterie à la fin de la charge. On dispose maintenant dans ce but les accumulateurs en dehors de la voiture en les suspendant au châssis du truck, en dehors de la caisse. Ils sont ainsi complètement à l'air et l'amélioration réalisée est importante. Malgré cela, au moins au terminus de charge et au moins pour les premiers temps du parcours, on ne supprime pas complètement les odeurs, fort désagréables pour les voyageurs. »

tème à accumulateurs ne doit être employé qu'exceptionnellement ; la charge des batteries doit être faite lentement et hors de la voie publique.

4° *Contacts superficiels.* — Le rapporteur ne pense pas, tout en rendant hommage à l'ingéniosité déployée par les inventeurs, que le système à contacts superficiels constitue la solution d'avenir de la traction électrique. Après avoir esquissé les raisons invoquées par les adversaires et les partisans de ce système (1) il dit :

« En 1900 et 1901, le système des contacts superficiels a reçu à Paris de très importantes applications, et cela sous deux formes que nous avons indiquées plus haut. Il convient de constater que le système à plots indépendants ne paraît satisfaire, au moins dans son état actuel, ni le public, ni l'exploitant même, puisque ce dernier a demandé à la municipalité l'autorisation de supprimer les plots et de les remplacer par le fil aérien.

» On peut espérer que les intéressés fourniront tous renseignements utiles sur les inconvénients constatés, qu'une noble émulation surgira entre les systèmes et que de la discussion résulteront des progrès au bénéfice du public et des exploitants. »

5° *Capacité des voitures et fréquence des départs.* — Un des points les plus discutés jusqu'ici est le chiffre à adopter pour le nombre des voyageurs par voiture et la fréquence des départs des voitures. Certes tout le monde est d'accord que pour la commodité du public il convient d'adopter des voitures petites se succédant très rapidement. Mais dans les grandes villes, ce mode d'exploitation, dit en chapelet, présente des difficultés presque insurmontables sur les voies empruntant des rues ou boulevards très fréquentés ; d'autre part, il augmente considérablement les dépenses. Plusieurs intérêts antagonistes sont donc en jeu. C'est ce que M. Monmerqué fait clairement ressortir (2) avant d'arriver aux conclusions suivantes :

(1) « Ses adversaires lui adressent les reproches suivants :

» 1° Malgré son ingéniosité, malgré les dispositifs de sûreté, malgré une surveillance très grande apportée dans l'entretien, on ne peut empêcher certains plots ou certains distributeurs de mal fonctionner et en particulier de conserver le courant après le passage de la voiture. Les chevaux des voitures ordinaires sont foudroyés en posant le pied sur les plots chargés. Dans une ville à très faible circulation, les accidents peuvent être très rares et tolérables ; dans une ville de grande circulation, il ne saurait en être de même.

» 2° En raison du rapprochement relativement grand des rails (pôle négatif) et des plots (pôle positif), les pertes de courant sont assez grandes et la consommation d'énergie par tonne-kilomètre est très supérieure à celle qu'on obtient avec le fil ou le caniveau.

» On estime à 500 ohms l'isolement moyen des plots, de sorte que par plot électrisé la perte serait d'un ampère environ.

» Il faut d'ailleurs, à cet égard, faire une distinction entre les deux systèmes indiqués ci-dessus.

» Dans le cas de l'emploi de distributeurs, le nombre des plots reliés au feeder est égal à celui des voitures ; la perte par les plots est alors proportionnelle au nombre des voitures sur la ligne, c'est-à-dire au trafic.

» Au contraire, dans le cas des plots indépendants, chacun est relié au feeder ; la perte est alors proportionnelle au nombre de plots, c'est-à-dire à la longueur de la ligne, quel que soit le trafic.

» 3° Détériorations des plots au point de vue électrique sous l'influence des lourdes charges.

» 4° Les frais d'entretien de pavage sont onéreux en raison de la présence des plots, quoique ces frais aient été réduits par la disposition qui a permis de remplacer la partie usée des plots sans toucher à la chaussée.

» Les partisans du système répondent qu'avec de bons dispositifs de sûreté et un entretien sérieux on peut prévenir les accidents ; que la consommation du courant n'est pas très supérieure à celle des autres systèmes et qu'avec une disposition judicieuse des plots et du pavage, on peut, pour l'entretien de ce dernier, ne pas dépasser des frais raisonnables.

» Ils font remarquer que ce système, comme ceux du fil et du caniveau, offre les avantages de la traction électrique directe, sans rendement intermédiaire, comme les accumulateurs, et sans encourir les reproches qu'on adresse au fil aérien (aspect disgracieux des fils) et au caniveau (coût excessif de premier établissement). »

(2) « Avec la traction électrique on a le plus grand intérêt à avoir des départs aussi fréquents que possible. Sur un réseau de faible importance, si les départs sont espacés et si chaque voiture est grande, par suite lourde, la courbe de production de l'énergie offre beaucoup d'irrégularités. Au moment des démarrages, l'intensité de courant est considérable ; une fois la voiture lancée, ce débit s'abaisse considérablement. On conçoit que dans ces conditions

« Il y a une limite minimum d'intervalle entre les départs. Il y a-t-il un maximum? Certainement, il dépend de la vitesse du tramway et de son prix. Il faut que le voyageur n'ait pas avantage à aller à pied. Pour cela il faut tout d'abord qu'il soit certain de partir par la première voiture; il faut qu'il ait toujours de la place. Quand l'exploitant voit ses voitures pleines, il a toute facilité avec la traction électrique, de mettre d'autres voitures en service.

» Plus faible sera la contenance des voitures, plus grande sera la fréquence à admettre pour desservir la ligne. Mais, pour la contenance des voitures, on ne saurait descendre au-dessous d'une certaine valeur, car le poids des voitures ne dépend pas seulement du nombre des voyageurs, mais en raison de la solidité du truck et de la puissance des moteurs, on ne saurait descendre au-dessous d'un minimum. En outre, la dépense du personnel de la voiture est indépendante du nombre des voyageurs. Dans ces conditions on ne descend guère au-dessous de trente ou trente-deux places par voiture et, sur certaines lignes, les départs n'ont lieu que tous les quarts d'heure. Convient-il d'abaisser cette limite et, pour cela, de réduire au besoin la capacité des voitures?

» Aux constructeurs et exploitants de tramways d'examiner la question et de faire connaître s'il y a des perfectionnements à apporter aux errements actuels. »

IV. Electromobilisme urbain. — « L'application de l'électricité aux voitures automobiles a été faite jusqu'à ce jour sous trois formes différentes. La première de ces formes, la plus répandue, est la voiture automobile, à accumulateurs, dite aussi accumobile. Certaines voi-

---

avec de petites voitures, mais en plus grand nombre, la courbe de production d'énergie modifie son allure. Sur un très grand réseau, les variations sont très peu sensibles et le régime est à peu près constant, et par suite beaucoup plus favorable au point de vue de l'économie et de la régularité de marche.

» D'un autre côté, l'augmentation dans la fréquence des départs est très bien accueillie du public, et il en résulte nécessairement une augmentation de trafic.

» Ces conditions sont un peu inverses de celles qu'on trouve dans l'emploi des systèmes à accumulateurs électriques ou à air comprimé ; c'est encore là un avantage pour la traction électrique.

» Mais ces avantages ont été un peu exagérés dans la pratique et, dans certaines exploitations, les départs ont été trop multipliés par rapport au trafic, il en est résulté une gène financière d'exploitation et une réaction inverse.

» Il y a donc certaines limites minimum et maximum qu'il convient de ne pas dépasser. Il serait intéressant d'avoir à cet égard le sentiment des directeurs d'exploitations.

» Tout d'abord sur les lignes à très grand trafic, jusqu'à quelle limite convient-il de multiplier les départs ?

» La valeur à adopter dépend de la circulation des voitures ordinaires. Dans les villes où, comme en Amérique, il y a peu de camionnage, peu d'omnibus et de fiacres, sinon pas du tout, il semble qu'on puisse sans inconvénients pousser très loin la fréquence, par exemple une demi-minute. Mais dans les grandes villes, comme Paris, par exemple, où la circulation ordinaire est intense, on ne saurait aller aussi loin sous peine de risquer d'apporter une véritable gène à la circulation. En effet, avec les impedimenta inévitables des grandes villes, cette circulation est irrégulière et l'espacement des voitures n'est jamais régulier ; le délai d'une demi-minute risque d'être souvent raccourci. Aux carrefours, où la circulation doit se faire par éclusées, alternativement dans les deux sens, et où le stationnement en attente dure quelquefois deux minutes, on verra se former de véritables trains de voitures qui constitueront de véritables barrages pour la circulation.

» En dehors des carrefours, aux bureaux de station, l'inconvénient se produira régulièrement.

» Enfin il faut considérer que si le réseau est constitué par des lignes qui, sur quelques points, empruntent les mêmes rails, la fréquence en ces points sera la résultante des fréquences des lignes. Si, par exemple, il y a 4 lignes à intervalle de demi-minute, sur une file commune de rails, les voitures passeront tous les 1/8 de minute, c'est-à-dire presque toutes les sept secondes. Mais il y a deux voies, de sorte qu'en réalité, l'obstacle à la circulation se répétera presque toutes les trois ou quatre secondes : en d'autres termes on cause un véritable barrage permanent, quoique constitué par des voitures sans cesse renouvelées.

» Quand dans une ville, la circulation publique dans une voie exige une semblable fréquence de voitures de tramways, on peut dire d'une manière générale que le tramway, même avec cette fréquence, même avec de grandes voitures à 80 places, comme celles que l'on voit circuler à Paris depuis ces dernières années ne constitue pas la bonne solution du problème : dans ce cas le métropolitain électrique est tout indiqué. »

****

tures à pétrole portent des accumulateurs électriques, avec dynamo pour faire le chargement; ce sont les voitures pétroléo-électriques : mais dans ces voitures les accumulateurs servent surtout de volant. Enfin la troisième forme, absolument différente des deux autres, comporte l'emploi d'une prise de courant en contact avec un fil aérien, comme dans les tramways de ce système.

» Dans les trois cas, la voiture électrique est la même. On peut dire, sans crainte d'exagération, que la voiture électrique est dès aujourd'hui excellente; peut-être pourrait-on dire parfaite, si ce terme était admissible quand il s'agit d'industrie où il faut toujours chercher le progrès. Grâce aux qualités particulières des moteurs électriques, la conduite de ces voitures est extrêmement facile; grâce à leur simplicité de construction mécanique, leur marche est sûre et souple. Les types en sont nombreux et variés. Le même problème a été résolu de façons diverses et presque toujours heureuses grâce à l'ingéniosité des constructeurs.

» En ce qui concerne la voiture, les principales questions sur lesquelles l'attention du Congrès pourrait être appelée sont relatives à la position de l'essieu moteur, à la transmission et au nombre des moteurs. En outre, en dehors de ces questions de mécanique qui, au point de vue technique sont extrêmement importantes, l'étude des dispositions de la carrosserie est intéressante. On a longtemps cru que les voitures sans chevaux devaient avoir des formes esthétiques particulières : on semble revenir de ces idées et comprendre que la forme doit résulter de sa destination et du confortable à offrir aux personnes. »

Mais si la voiture en elle-même laisse peu à désirer, il est loin d'en être ainsi pour les accumulateurs qui servent à sa propulsion. Aussi M. Monmerqué demande-t-il que des communications soient faites au Congrès sur « l'emplacement à attribuer aux accumulateurs sur l'électromobile, les capacités spécifiques sur lesquelles on peut industriellement compter à la fin de leur service et surtout le montant de leurs frais d'entretien » [1].

Les pneumatiques, comme les accumulateurs, constituent un point faible des voitures électromobiles et des automobiles en général. Leur durée est insuffisante et le coût d'exploitation est de ce chef très augmenté. La question reste ouverte aux recherches des inventeurs qui ont là aussi des services importants à rendre à l'industrie automobile.

Les considérations précédentes s'appliquent aux trois genres de voitures automobiles signalés au début. Les voitures pétroléo-électriques se compliquent d'un moteur thermique

---

[1] « Dans les électromobiles de luxe, on cherche à loger les accumulateurs en les dissimulant le plus possible et en sacrifiant, pour cela, la facilité de surveillance et, par suite, d'entretien. Dans des voitures destinées à un service public, on ne saurait opérer de même. Il est absolument indispensable que les accumulateurs puissent être examinés avec la plus grande facilité, à tout instant, sans qu'il y ait aucune manœuvre à faire. La disposition déjà employée, qui consiste à placer la caisse d'accumulateurs sous la voiture, est bien supérieure à celle qu'on emploie habituellement dans les voitures de luxe : elle semble cependant encore insuffisante, car elle ne permet que très difficilement et incomplètement la surveillance des accumulateurs en dehors du poste de chargement. A cet égard, l'autre disposition, qui consiste à placer les accumulateurs complètement à l'avant de la voiture avec toute liberté pour y accéder et les manutentionner, semble bien préférable.

» La valeur de la capacité spécifique doit s'entendre de la capacité, rapportée au poids non seulement des électrodes, mais de la batterie complète placée dans sa caisse et prête à fonctionner. Il y a là des poids accessoires qui ne sont pas négligeables et qu'on ne peut supprimer, au moins actuellement. Cette capacité dépend aussi des courbes de charge et de décharge de la batterie. La charge employée jusqu'à présent est la charge lente. La décharge dépend du régime auquel doit satisfaire la batterie. En employant un poids relativement faible d'électrode, on pourra augmenter la capacité spécifique, mais ce sera aux dépens des frais d'entretien.

» La question de la capacité est, en effet, liée intimement avec celle des frais d'entretien : c'est là le point faible des accumulateurs électriques. Il serait bien désirable pour le Congrès de faire connaître le résultat des divers essais industriels faits jusqu'à ce jour et d'indiquer le détail des dépenses d'entretien, notamment la durée des plaques positives et négatives. »

et comme le but de ces voitures est d'accroître la longueur du parcours effectué sans recharge des batteries, le rapporteur, qui, comme nous le verrons, destine les voitures électromobiles à des services de faible parcours, ne pense pas que ce genre de voiture se développera.

Quant aux voitures à prise de courant, celles qui captent le courant au moyen d'un archet et qui contiennent une batterie d'accumulateurs pour parer aux défauts de contact de l'archet et du fil d'alimentation, elles ont tous les défauts des voitures à accumulateurs ordinaires. Celles qui reçoivent le courant au moyen d'un trôlet remorqué par le véhicule ne paraissent guère applicables au transport des voyageurs à une vitesse de 12 à 16 km-h; un seul système de ce genre a été appliqué : le système Schiemann. Restent les systèmes à prise de courant automotrice, comme le système Lombard Gérin; mais ces systèmes, qui peuvent rendre de grands services en rase campagne dans les pays pourvus de distribution d'énergie électrique avec fils aériens, ne semblent pas pouvoir être appliqués dans les villes.

V. Répartition rationnelle des trois modes de transports électriques dans les grandes villes. — Après un chapitre où sont résumées les considérations développées dans les quatre premiers et que nous ne faisons que signaler, notre analyse étant elle-même un résumé du rapport, M. Monmerqué indique comment il conçoit la répartition des trois genres de transport examinés : métropolitains, tramways, voitures.

Cette conception, dont l'exposé est reproduit ci-dessous [1], peut se résumer ainsi :

Suivant les rues et boulevards à circulation intense, établissement de métropolitains,

---

[1] « Il convient de ne demander à chaque système que ce qu'il peut donner, mais il est nécessaire aussi que les autorités compétentes ne se croient pas absolument obligées de suivre scrupuleusement les sentiments de l'opinion publique, toujours un peu indécise quand il s'agit de choses nouvelles, mais qui s'y habitue vite et se modifie même quand l'expérience lui a démontré que ses craintes étaient mal fondées.

» Tout d'abord dans les voies à grande circulation le métropolitain s'impose. Il est nécessaire que le réseau soit homogène par lui-même, que toutes les parties se correspondent et qu'en aucun point il ne se fasse concurrence à lui-même. On peut même se demander s'il ne convient pas de superposer à ce réseau homogène, le service des chemins de fer suburbains, prolongés à l'intérieur des villes et de réunir ainsi, non pas seulement la petite, mais la grande banlieue au centre de la ville, et cela sans transbordement de voyageurs. Il est vrai que le voyageur est une marchandise qui se transborde seule avec facilité; mais il ne faut pas oublier que ce transbordement est une perte de temps, peut-être dix minutes au total, et que cette durée correspond à une diminution du rayon d'action du métropolitain. Dix minutes équivalent à un parcours de 3 à 4 km sur le suburbain. Quels que soient les obstacles et difficultés qui se présenteront, en raison des situations existantes, tant au point de vue des mœurs, de l'état administratif, politique, etc., on peut prévoir le moment où les grandes villes deviendront surtout des centres d'affaires, très animés de huit heures du matin à huit heures du soir, mais la nuit la plupart des habitants en seront absents et répartis tout autour dans la campagne où le besoin d'air, d'espace et de repos les pousseront naturellement. Ces mœurs ont commencé depuis longtemps déjà en Amérique et en Angleterre : il semble rationnel de les prévoir, même pour les pays latins, en raison des modifications apportées à l'industrie et au commerce par la rapidité des transports et des communications, qui suppriment de plus en plus le travail isolé pour y substituer les efforts de collectivité.

» Si pour des raisons particulières, cette superposition ne peut se faire, on peut raccorder le métropolitain avec les voies de tramways de la petite banlieue ou au moins aménager les gares terminus de façon que le transbordement du métropolitain au tramway ou au suburbain se fasse quai à quai, très rapidement. Tout gain de temps est un accroissement de la zone d'influence du métropolitain.

» Ce réseau de chemins de fer constitue ainsi un premier réseau à larges mailles, qu'on peut appeler *réseau du métropolitain*.

» Entre les mailles de ce second réseau, on peut prévoir dans les voies à moyenne circulation un réseau de tramways. Quel devra-t-il être? Il semble qu'on doive le décomposer en deux; en effet dans la ville la circulation ne peut être uniforme. Dans la périphérie, l'activité est nécessairement moindre que dans les quartiers du centre. Il semble donc rationnel de prévoir pour les tramways deux services différents.

» En outre, dans le centre, les largeurs des chaussées sont généralement moindres que dans la périphérie, par suite les difficultés techniques d'établissement des voies sont plus grandes et dans des rues bien achalandées la

c'est-à-dire de voies ferrées avec plate-forme spéciale; raccordement de ces voies avec celles des chemins de fer de petite et grande banlieue ou tout au moins aménagement des gares terminus de façon que le transbordement du métropolitain aux chemins de fer ou tramways de banlieue s'effectue de quai à quai.

---

durée des travaux constitue une perte sérieuse pour le commerce. Il est donc rationnel d'adopter pour ces rues un système de traction dont l'établissement ne donne pas lieu à des travaux de trop longue durée.

» Dans ces conditions, si pour la périphérie la traction électrique semble pouvoir s'appliquer rationnellement, il n'en est pas de même pour le centre, dans l'état actuel des choses.

» Quant à la périphérie, quel est le système électrique qui doit être recommandé ? Nous n'hésitons pas à répondre : Le fil aérien, dans l'intérêt du public aussi bien que des exploitants. Toutefois il semble nécessaire de débarrasser toutes les traversées de rues et tous les carrefours de la présence des fils. C'est ici que les autres solutions électriques peuvent avantageusement intervenir, mais à une condition, c'est que le système soit tel qu'on puisse passer sans arrêt et même en pleine vitesse du fil à l'autre système et réciproquement.

» Dans ces conditions, étant donné l'expérience faite, il semble qu'on doive recourir au caniveau pour toutes ces parties spéciales. Le passage d'un système à l'autre est facile ; il fonctionne à Berlin d'une façon satisfaisante depuis 1896.

» Il doit être entendu que le fil aérien établi dans ces conditions coûteuses, mais très satisfaisantes, doit être l'objet d'une autorisation définitive des pouvoirs publics, de façon à laisser aux concessionnaires toute tranquillité au point de vue de l'avenir : les qualités du premier établissement et par suite la régularité et la sûreté de l'exploitation ne pourront qu'y gagner.

» Au cas où les pouvoirs publics ne croiraient pas pouvoir accorder l'autorisation du fil aérien dans ces conditions, nous estimons qu'il vaut mieux exiger partout l'emploi du caniveau souterrain, sous réserve des délais nécessaires pour l'amortissement, ce qui conduit à donner de longues concessions; on engage ainsi l'avenir à longue échéance et, en cette matière d'industrie électrique où tout se transforme si vite, on peut plus tard le regretter.

« On constituera ainsi un second réseau intercalé dans les mailles du premier et le traversant, qu'on appellera ***réseau de tramways.***

» D'ailleurs, l'importance de ce réseau de tramways dépend de celle du réseau du métropolitain. Si ce dernier est très développé, le réseau de tramways peut être très diminué, sinon même supprimé.

» Il doit être entendu que, comme pour le métropolitain lui-même, ce réseau doit être combiné de manière à ne pas concurrencer ce dernier, mais au contraire à le desservir; il doit passer par ses stations et non à côté. L'estimation de la concurrence peut se faire mathématiquement en tenant compte des vitesses commerciales des deux systèmes. On peut admettre approximativement qu'un métropolitain offre au voyageur une vitesse commerciale double de celle d'un tramway, même électrique, en raison des impedimenta de la surface. Dans ces conditions, le voyageur peut faire en métropolitain un parcours double de celui du tramway et mettre le même temps. Cette considération a son importance; elle réduit évidemment le rôle et le nombre des tramways, mais elle réduit en même temps le capital consacré aux transports publics et cela finalement au profit du public qui les paye soit comme établissement, soit comme dépense d'exploitation.

» Ayant ainsi constitué les deux réseaux métropolitains et tramways, ce qui aura serré les mailles du premier réseau, le problème des transports serait-il résolu ? Nous ne le pensons pas. L'installation des métropolitains débarrasse beaucoup la surface de la voie publique, à la condition qu'on fasse disparaître les lignes des tramways ou d'omnibus qui leur sont superposées et qui ne font qu'embarrasser la circulation et ruiner leurs exploitants. Il doit en être de même des tramways. Mais pour desservir l'extérieur des mailles restantes qui peuvent avoir environ 3 km pour une grande ville d'environ 12 km de diamètre, il faut recourir à un autre mode de transport n'engageant pas la voie publique par la pose des rails et pouvant mieux s'accommoder au passage des rues d'importance moindre que les tramways.

» Pour cela il y a les omnibus à chevaux et les fiacres. Ce dernier mode de transport est coûteux et il semble qu'il doive se transformer dans l'avenir et se dédoubler : d'une part pour se fondre en partie avec les transports en commun, métropolitain, tramways et omnibus, et d'autre part, pour être réservé à la partie riche de la population avec de meilleures conditions de confortable. Les fiacres proprement dits, comme ils existent actuellement, sont évidemment appelés à être réduits en nombre. Il est certaines villes de provinces où la traction électrique les a à peu près fait disparaître. En dehors des fiacres proprement dits et en petit nombre, on aura les omnibus et les voitures dites de cercle ou les voitures au mois. Nous laisserons cette dernière catégorie de côté pour ne nous occuper que des omnibus.

» Avec les deux réseaux de métropolitain et de tramways établis comme précédemment, doit-on conserver les omnibus comme ils existent dans certaines grandes villes, où le nombre de places atteint trente et même quarante ? La réponse, à notre avis, est négative. Il faut considérer ces services d'omnibus comme des services rabatteurs tant pour les tramways que pour le métropolitain. Il est nécessaire qu'ils soient fréquents et pour cela que les voitures soient légères et n'offrent qu'un petit nombre de places, une dizaine, par exemple, sans impériale, naturellement, et avec une seule classe, en raison de la faible durée du trajet à effectuer. Pour que le service soit possible

Pour desservir les îlots découpés par les mailles du réseau métropolitain, emploi de tramways, du système qui répond le mieux à l'esthétique des quartiers traversés.

Enfin pour les quartiers où l'établissement de voies de tramways ne pourrait être effectué pour des raisons techniques ou autres, utilisation d'omnibus à accumulateurs, la charge de ceux-ci se faisant lentement, dans des postes spéciaux, chaque omnibus changeant de batterie après un voyage aller et retour.

VI. Conclusions. — Nous avons dès le début reproduit les conclusions du rapporteur. Entendant chaque jour des lecteurs se plaindre de n'avoir pas le temps de lire les articles que nous leur offrons, nous avons voulu, pour une fois au moins, leur permettre de connaître la substance de cet article en n'en lisant que les deux premières pages. Les lecteurs moins pressés qui nous feront l'honneur de lire complètement cet article nous pardonneront sans doute notre manque de logique en tenant compte de notre bonne intention.

Et comme conclusion personnelle, il nous reste à exprimer l'espoir que beaucoup d'ingénieurs de traction assisteront et prendront part à la discussion du rapport de M. Monmerqué, discussion qui aura lieu le vendredi 8 août, à Montauban.

J. Blondin.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

***Connexions équipotentielles dans les induits des dynamos à courant continu*, par E. Arnold.** *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 215-220 et 233-235, 13 et 20 mars 1902.

Si dans une dynamo parfaitement symétrique aux points de vue magnétique et électrique on réunit les différents points au même potentiel, aucun courant ne passera normalement dans ces connexions ; mais si pour un motif quelconque une dissymétrie vient à se présenter, entraînant la production de forces électromotrices inégales dans les différentes dérivations, un courant de circulation naîtra entre ces circuits et ce courant

pour l'exploitant, il est nécessaire comme cela existe dans d'autres villes de l'étranger, pour de semblables petits omnibus, qu'un seul agent cumule les fonctions de cocher avec celles de receveur. Il est facile d'installer une fermeture mécanique permettant d'assurer cette condition et de faire payer en montant.

» Cette condition, ainsi que celles de la fréquence des arrêts et des démarrages, de la nécessité d'avoir une direction très souple pour passer dans toutes les rues, etc., fait donner la préférence à la traction électrique par rapport à celle par chevaux. A part la question accumulateurs, qui n'est pas résolue, comme nous l'avons indiqué, la voiture électrique répond dès aujourd'hui au problème. Elle est d'une conduite très facile et sa souplesse est remarquable. Mais reste l'accumulateur.

» Quoi qu'il en soit, dans l'état actuel de la question et sans qu'on puisse se prononcer à cet égard d'une façon définitive, il semble que le problème devrait recevoir une solution différente de celle qui a été essayée à Paris dans ces dernières années. Au lieu d'avoir des batteries lourdes auxquelles on demande de faire le service de toute une journée, au lieu de ne faire le rechargement qu'une fois par jour dans un dépôt éloigné du centre des opérations, il paraît préférable d'avoir dans la ville un grand nombre de petites stations de rechargement, chacune d'ailleurs pour une seule voiture à la fois, les voitures, le soir, pouvant à vide, faire un plus long parcours et gagner des dépôts dans les quartiers excentriques. A chaque tour, c'est-à-dire après un aller et un retour, la voiture entrerait dans le poste; là, mécaniquement, on lui remplacerait sa batterie ; l'opération peut se faire très rapidement, en cinq minutes, au maximum, si l'agencement est bien installé. La durée de l'autre stationnement peut être réduite à une minute, de sorte que la durée totale serait de six minutes pour une durée de parcours de vingt à vingt-cinq minutes environ; cette durée n'est pas excessive et correspond au temps nécessaire au repos du personnel entre les tours. Les accumulateurs seraient ainsi soumis à une charge lente et leur entretien serait facilité par cette surveillance incessante toutes les demi-heures : mais il ne faut pas se dissimuler que la valeur pratique de cette conception repose entièrement sur l'accumulateur et ses frais d'entretien : l'avenir seul peut renseigner à cet égard ».

se fermera par les connexions dites équipotentielles, alors qu'en l'absence de ces connexions, il passerait par les balais, en y produisant des étincelles nuisibles au bon fonctionnement.

Pour qu'en marche normale aucun courant ne circule dans les connexions équipotentielles, il faut que les différents circuits ainsi montés en opposition contiennent un même nombre de bobines placées symétriquement dans le champ, ce qui est facilement réalisable lorsque le nombre de lames au collecteur N_2 est un multiple du nombre de lames au même potentiel.

L'auteur désigne par « pas potentiel » y_p, le nombre de lames au collecteur comprises entre les extrémités d'une connexion équipotentielle, et il étudie la valeur de ce pas, dans les différents modes d'enroulement.

Enroulements hélicoïdal et imbriqué. — Les connexions équipotentielles ont été utilisées d'abord par Mordey dans la machine Victoria, pour réduire à deux le nombre des balais, avec des enroulements en parallèle d'un nombre quelconque de pôles. Il y a p lames au même potentiel ($2p =$ nombre de pôles) et ces lames sont distantes de

$$y_p = \frac{N_2}{p}.$$

Par suite il y a p lames à connecter entre elles, et $\frac{N_2}{p}$ doit être entier.

Dans l'enroulement parallèle multiple, où $2a$ est le nombre de circuits en parallèle, on a

$$a = mp.;$$

m lames voisines sont au même potentiel et $\frac{N_2}{mp}$ doit être entier.

L'enroulement se ferme alors en m circuits indépendants, et

$$y_p = \frac{N_2}{p}.$$

Enroulement ondulé. — Pour la recherche des lames au même potentiel, il est commode de substituer au schéma effectif de l'enroulement, un schéma réduit suivant le procédé de l'auteur.

Soit d'abord (fig. 1), un enroulement ondulé (enroulement série-parallèle de l'auteur) dans lequel $2N_1$ (nombre des éléments) $= 16$, $a = 2$, $p = 2$, $y_1 = y_2 = 5$ (pas partiels).

Les pôles sont supposés identiques et comme valeur et comme répartition du flux.

Les conducteurs 1 et 6 sont distants de l'intervalle de deux pôles, plus un décalage dans

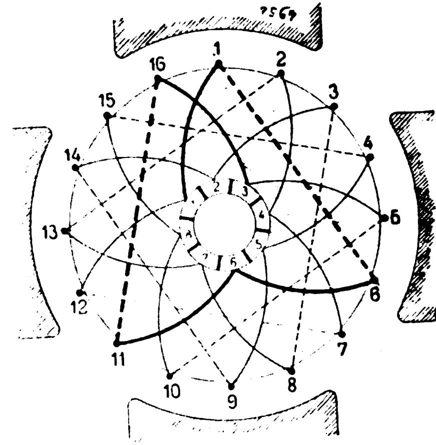


Fig. 1.

le champ, égal à la distance de deux éléments voisins. Au point de vue de la force électromotrice produite, on peut ramener le conducteur 6 sous le même pôle que le conducteur 1, en changeant seulement le sens de montage et en le plaçant à une distance de 1 égal à la distance 5-6; on remplace ainsi la section tambour 1-6 (fig. 1) par la section anneau 1-6 (fig. 2). A

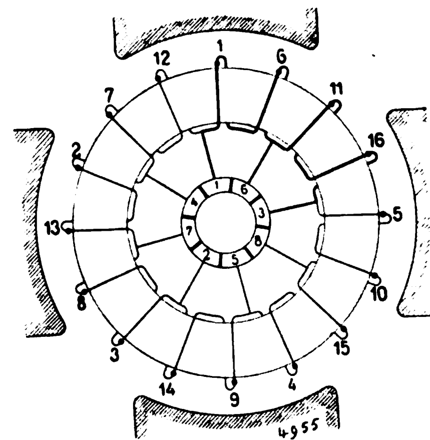


Fig. 2.

l'enroulement ondulé de la figure 1, correspond comme schéma réduit, l'enroulement hélicoïdal de la figure 2.

L'écartement des deux fils dans le schéma

réduit est égal, pour $y_1 = y_2$, à $\frac{a}{p}$ soit 1 ; il est le même que dans le schéma effectif, et les deux schémas ont ainsi le même nombre de pôles et le même diamètre d'armature.

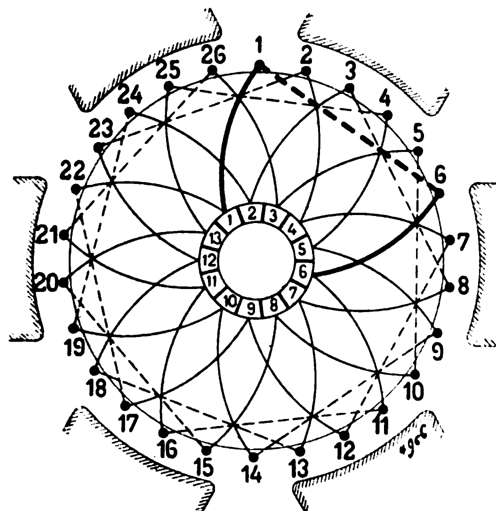


Fig. 3.

Lorsque a est différent de p, les deux schémas n'ont plus ni le même nombre de pôles ni, comme l'arc polaire conserve un développement égal, le même diamètre d'induit.

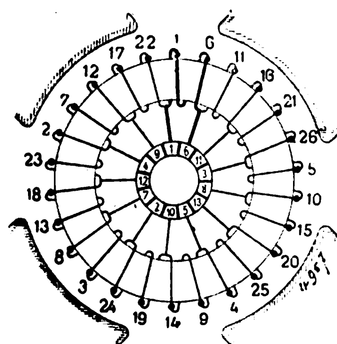


Fig. 4.

Les figures 3 et 4 représentent respectivement les schémas effectif et réduit d'un enroulement dont les constantes sont :

$$2N_1 = 26, \quad p = 3; \quad a = 2, \quad y_1 = y_2 = 5.$$

Comme les pas partiels sont égaux ($y_1 = y_2$), l'écartement de deux fils du schéma réduit est $\frac{a}{p} = \frac{2}{3}$ de celui du schéma effectif. Le schéma réduit n'a donc que 4 pôles, ce qui est évident, car le schéma réduit doit avoir le même nombre de dérivations que l'enroulement vrai et comme il est constitué par un enroulement hélicoïdal il a un nombre de circuits dérivés égal au nombre de ses pôles, d'où cette règle :

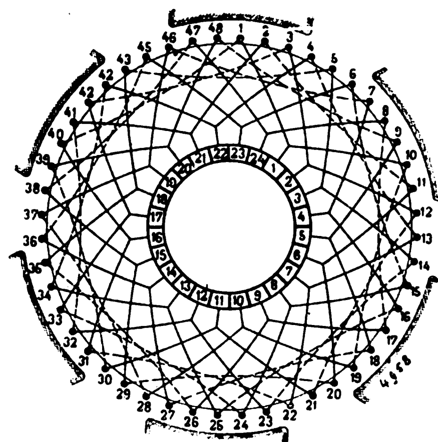


Fig. 5.

Le schéma réduit a un nombre de pôles égal au nombre des dérivations de l'enroulement vrai.

Les enroulements à plusieurs circuits indépendants donnent naissance à un schéma réduit,

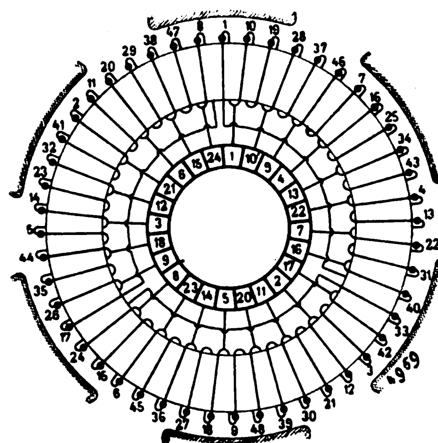


Fig. 6.

constitué par plusieurs enroulements hélicoïdaux séparés et successifs. Voir (fig. 5 et 6), un enroulement dont les constantes sont :

$$2N_1 = 48, \quad a = 3, \quad p = 3, \quad N_2 = 24, \quad y_1 = y_2 = 9.$$

Dans tous les enroulements étudiés plus haut,

les deux pas partiels sont égaux : les enroulements réduits correspondants ont leurs éléments équidistants, et sont dextrorsum ou sinistrorsum suivant que

$$y_1 + y_2 = \frac{2N_1 + 2a}{p} \text{ ou } \frac{2N_1 - 2a}{p}.$$

Lorsqu'on diminue un des pas partiels, l'autre augmente ; et suivant la grandeur de ce raccourcissement, deux éléments voisins (fig. 7) qui

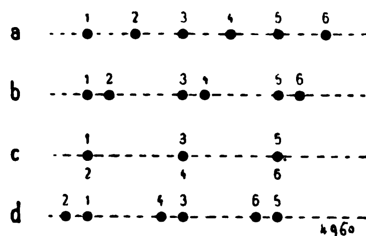


Fig. 7.

étaient également répartis pour $y_1 = y_2$, (a), se rapprochent (b), se confondent (c) ou même s'intervertissent (d). Dans ce dernier cas, l'enroulement hélicoïdal est imbriqué.

Les oscillations de la force électromotrice induite sont minima lorsque les éléments sont également répartis sur la circonférence dans un ordre ou dans l'autre, elles sont maxima et égales au double des précédentes, dans le cas où les éléments sont confondus 2 à 2, (c).

L'auteur établit alors que les conducteurs sont également répartis sur le schéma réduit lorsque l'on a :

$$y_1 = \frac{N_1 \pm ca}{p}, \qquad y_2 = \frac{N_1 \pm (2-c)a}{p},$$

c étant un nombre entier impair [1].

Pour $c = +1$, $y_1 = y_2$, et on obtient un enroulement réduit hélicoidal ordinaire; pour c différent de $+1$, on a un enroulement à boucle, la boucle étant d'autant plus grande que c s'écarte d'avantage de $+1$; en même temps que c augmente, la force électromotrice s'affaiblit.

Le schéma réduit remplace un tableau de bobinage, sur lequel il présente l'avantage d'indiquer la position des bobines dans le champ magnétique.

Pas potentiel des enroulements série-parallèle. — a. *Enroulements symétriques* : $\frac{N_2}{a} =$ nombre entier.

Les pas partiels y_k ont pour valeur

$$y_k = \frac{N_2 \pm a}{p},$$

d'où

$$y_k \frac{p}{a} = \frac{N_2}{a} \pm 1;$$

$\frac{N_2}{a}$ devant être entier, $y_k \frac{p}{a}$ doit l'être aussi. Dans le cas d'un enroulement à un seul circuit y_k et a n'admettent aucun diviseur commun, par suite $\frac{a}{p}$ doit être entier.

Les a lames au même potentiel doivent être distantes de l'écartement de deux pôles ou d'un multiple de cet écartement ; soit x l'ordre de ce multiple.

On arrive facilement à

$$y_p = x\frac{N_2}{p} = x\left[y_k \mp \frac{a}{p}\right] = xy_k \pm x\frac{a}{p}.$$

Comme il y a a lamelles à relier, il y aura a connexions de pas $y_{p1}, y_{p2} \ldots, y_{pa}$.

Dans les enroulements symétriques, les x

---

(1) Appelons y'_1 et y'_2 les pas partiels du schéma réduit. On a :

$$y'_1 = y_1 - \frac{N_1}{p}, \qquad y'_2 = y_2 - \frac{N_2}{p},$$

$$y'_1 + y'_2 = y_1 + y_2 - \frac{2N_1}{p} = \frac{2N_1 \pm 2a}{p} - \frac{2N_1}{p} = \pm\frac{2a}{p}.$$

Le pas total $y'_1 + y'_2$ est égal à $\pm\frac{2a}{p}$, mesuré en écartements du schéma effectif; en écartements du schéma réduit, il devient

$$\pm\frac{2a}{p} \times \frac{p}{a} = \pm 2,$$

d'où

$$y'_1 = \pm c$$
$$y'_2 = \pm(2-c)$$

Les conducteurs seront également répartis si y'_1 et y'_2 sont entiers et impairs, et par suite, si c est un nombre entier impair.

En portant les valeurs de y'_1 et y'_2 dans y_1 et y_2, on retombe sur l'expression annoncée.

seront égaux, et donnés par la relation

$$x_1 + x_2 + \ldots\ldots + x_a = ax = p \text{ (1)}$$

d'où

$$x = \frac{p}{a}$$

et

$$y_{p1} = y_{p2} = \ldots\ldots = y_{pa} = \frac{p}{a} y_k \pm 1.$$

La figure 8 montre le cas de : $p = 6$, $a = 3$, $y_k = 5$, $N_1 = 6 \times 5 + 3 = 33$, $y_{p1} = 2 \times 5 + 1 = 11$.

b. *Enroulements dissymétriques :* $\frac{N_2}{a}$ non entier. Dans ce cas, les a lames ne sont plus exactement au même potentiel; cependant, comme

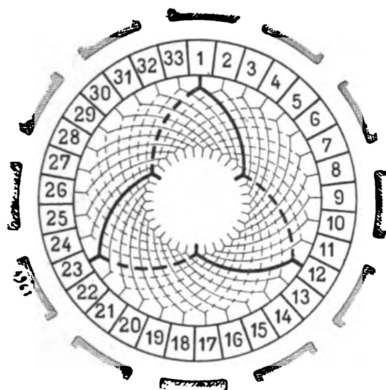


Fig. 8.

leurs décalages respectifs dans le champ sont petits, on peut les connecter ensemble sans inconvénient. D'autre part $\frac{p}{a}$ n'étant plus entier, et les a devant rester entiers, les pas potentiels ne peuvent plus être égaux.

On prendra alors pour x des valeurs entières différant au plus de 1 les unes des autres, et pour $\frac{a}{p} x$, le nombre entier le plus voisin, 1 ordinairement.

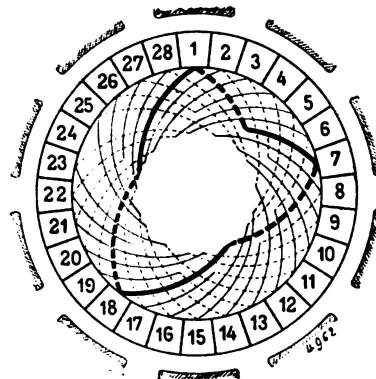


Fig. 9.

Les figures 9 et 10, donnent à titre d'exemples, les schémas vrai et réduit de l'enroulement :

$$p = 5; \quad a = 3, \quad y_k = 5 \quad N_2 = 28.$$

L'écart entre les positions dans le champ des lamelles est

$$\alpha_x = \left(1 - \frac{a}{p} x\right),$$

il est minimum pour $x = 2$. On prendra donc

$$x_1 = 2 \quad x_2 = 2 \quad x_3 = 1.$$

d'où

$$y_{p1} = 2.5 + 1 = 11.$$
$$y_{p2} = 2.5 + 1 = 11.$$
$$y_{p3} = 1.5 + 1 = 6.$$

Il se présente dans ces enroulements un grave inconvénient : N_2 (28) n'étant pas divisible par a (3), il y aura une lame laissée de côté, et par suite en cet endroit (lame 24), deux bobines se trouveront montées en opposition contre une seule : d'où un courant alternatif qui circulera dans ce circuit : on amoindrira son effet nuisible en supprimant les connexions équipotentielles voisines ; car alors la force électromotrice alternative agissante restera la même (celle d'une bobine), tandis qu'avec le nombre des bobines montées en opposition de part et d'autre augmenteront la résistance et la self-induction du circuit où elle agit.

Lorsque l'on a $a > p$, il faut faire autant de x égaux à 0, que a contient d'unités en plus de p; le pas correspondant à un x nul, est égal à 1,

---

(1) En effet, les connexions forment une figure fermée. Donc

$$\sum_1^a y_p = N_2$$

$$\sum_1^a y_p = y_k \sum_1^a x \mp \frac{a}{p} \sum_1^a x = \frac{N_2}{p} \sum_1^a x = N_2$$

d'où

$$\sum_1^a x = p.$$

c'est-à-dire que l'on doit connecter l'une à l'autre deux lames voisines.

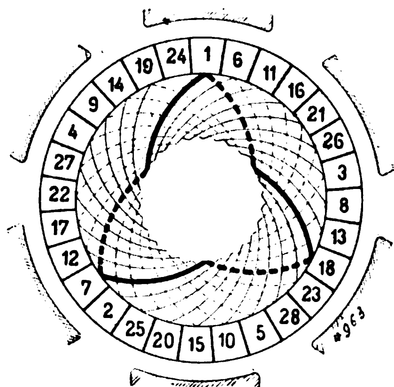


Fig. 10.

Les figures 11 et 12 correspondent à l'enroulement : (schémas vrai et réduit) : $p = 3$, $a = 4$, $N_2 = 55$; $y_k = 17$.

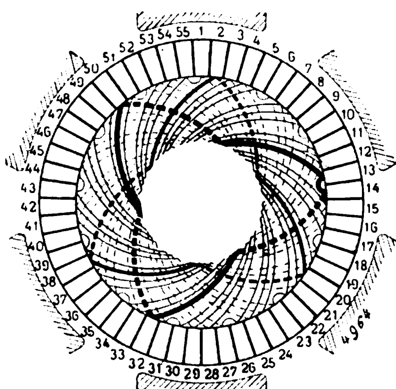


Fig. 11.

Nous prenons $x_1 = x_2 = x_3 = 1$ $x_4 = 0$; d'où

$$y_{p1} = y_{p2} = y_{p3} = 18. \qquad y_{p4} = 1.$$

La dissymétrie $\frac{55}{4} = 14 \times 4 - 1$, amène à connecter ensemble une fois seulement 3 lames au lieu de 4.

On peut ne pas munir toutes les lames du collecteur de connexions équipotentielles, mais seulement une partie, le tiers ou le quart, par exemple : dans ce cas, il est de toute nécessité de tracer le schéma réduit, ou au moins, si N_2 est très grand, le tableau d'enroulement, afin de vérifier que les différent circcuits montés en opposition contiennent le même nombre de bobines.

Soit par exemple,

$$p = 5, \; a = 3, \; N_2 = 92 ;$$

Alors

$$y_k = \frac{92 + 3}{5} = 19.$$

$$x_1 = x_2 = 2 \quad x_3 = 1.$$

$$y_{p1} = y_{p2} = 2 \times 19 \mp 1 = 37$$

$$y_{p3} = 1 \times 19 - 1 = 18.$$

Traçons le tableau de l'enroulement du schéma réduit en le divisant en a parties à peu près

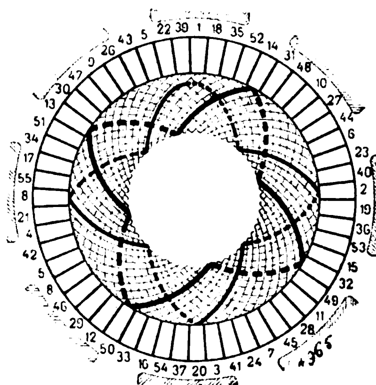


Fig. 12.

égales : nous nous proposons de munir seulement un tiers des lames de connexions équipotentielles, et nous accentuons tous les nombres de 3 en 3 : d'où le tableau :

1	20	39	**58**	77
4	**23**	42	61	**80**
7	26	**45**	64	83
10	29	48	**67**	86
13	**32**	51	70	**89**
16	35	**54**	73	92
19				
38	57	76	**3**	22
41	**60**	79	6	**25**
44	63	**82**	9	28
47	66	85	**12**	31
50	**69**	88	15	**34**
53	72	**91**	18	37
56				
75	2	21	**40**	59
78	**5**	24	43	**62**
81	8	**27**	46	65
84	11	30	**49**	68
87	**14**	33	52	71
90	17	**36**	55	74

Nous connecterons alors les lames semblablement placées dans les trois parties de la table,

soit ici seulement celles qui sont accentuées :

$$1 + 37 = 38$$
$$38 + 37 = 75$$
$$75 + 18 = 93 = 92 + 1 \qquad \text{etc.}$$

Il faudra supprimer cependant une des deux connexions

$$1 - 38 - 75 - 1$$

ou

$$54 - 91 - 36 - 54.$$

pour remplacer à cet endroit l'opposition de 2 bobines contre 3, par celle de 5 contre 6, afin de diminuer le courant alternatif dans ce circuit.

Toutes ces règles s'appliquent aux commutatrices et aux « répartiteurs de tension » de M. Dolivo Dobrowolsky.

Courant et pertes dans les connexions équipotentielles. a). *Enroulement en parallèle.* — L'auteur étudie d'abord le cas d'un induit à

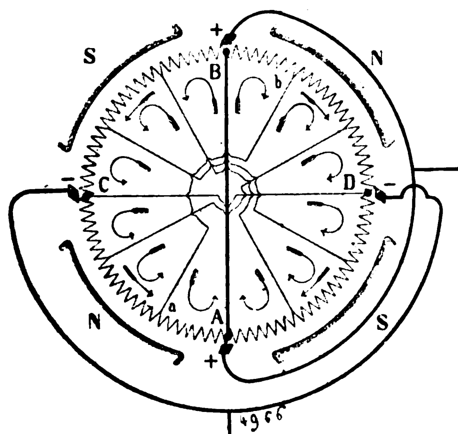


Fig. 13.

4 pôles, symétrique, mais placé dissymétriquement dans le champ (fig. 13). Dans les quatre dérivations sont induites des forces électromotrices différentes, dont la somme algébrique est nulle. Chacune des forces électromotrices est égale à la moyenne des valeurs absolues, plus ou moins une force électromotrice additionnelle, telle que ces forces électromotrices s'ajoutent deux à deux dans chaque moitié de l'armature, par exemple suivant les sens BDA et BCA. Supposons ces différences également réparties. Dans l'enroulement ordinaire, les courants ainsi engendrés passent par les balais positifs en y produisant des étincelles : si l'on supprime les balais et qu'on ajoute des connexions équipotentielles sans résistance, le courant passera par la connexion placée sous les balais positifs, et sera tel que la chute de tension dans la dérivation soit égale à la force électromotrice produite. Quand l'armature tourne, le courant ne passe que dans la connexion placée sous les balais, bien que la résistance des autres connexions soit aussi nulle :

Si R désigne la résistance d'une des dérivations, e la force électromotrice engendrée, le courant de circulation est $\frac{e}{R}$ et la dépense en watts $4\frac{e^2}{R}$, en négligeant la réaction d'induit. Si la résistance des connexions prend une valeur appréciable, la différence de potentiel entre A et B n'est plus nulle, et le courant se répartit entre les différentes connexions; une partie passe aussi par les balais, et la dépense en watts dans l'armature est plus petite que précédemment.

Plus la résistance des connexions équipotentielles est grande, plus la perte dans le cuivre est faible, mais aussi moins bonne est la compensation des courants dans les circuits.

La résistance ohmique n'est pas seule à régler le courant d'égalisation : ce courant tend à agir sur le champ en renforçant le champ là où il est trop faible et en l'affaiblissant là où il est trop fort, et par suite la chute ou l'augmentation de tension qui en résulte agit pour niveler les forces électromotrices e, et réduire le courant de circulation : le calcul de ce courant est très pénible, car il dépend de la résistance de l'armature et des connexions, de sa propre réaction sur le champ, et des résistances de contact des balais sur le collecteur.

D'après les essais faits par l'auteur, la résistance de contact des balais se compose de deux termes, l'un constant et l'autre inversement proportionnel à la densité de courant, ou ce qui revient au même, la chute de tension aux balais, se compose d'une partie proportionnelle au courant et d'une partie fixe égale à environ 1 volt. Le terme inversement proportionnel au courant dans la résistance de contact n'intervient pas dans le courant de circulation qui traverse les deux balais en sens inverse; seul agit le terme constant, qui étant très petit, nécessite que les connexions équipotentielles aient une résistance

très faible, notablement inférieure à ce terme constant.

En résumé les connexions équipotentielles exercent dans les enroulements parallèles ordinaires, les actions suivantes :

1° Elles drainent les courants de circulation provenant des irrégularités du champ, en les empêchant de passer par les balais, où ils détermineraient la formation d'étincelles ;

2° Elles facilitent l'action compensatrice des courants sur le champ, et contribuent ainsi à équilibrer les actions magnétiques exercées sur l'armature ;

3° Elles correspondent à une dépense en watts

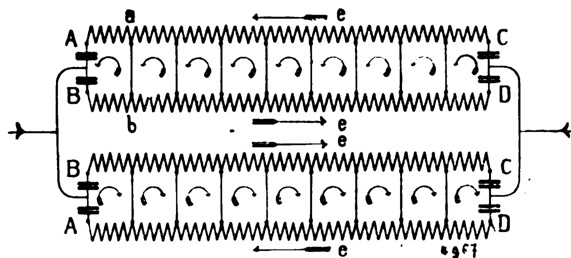
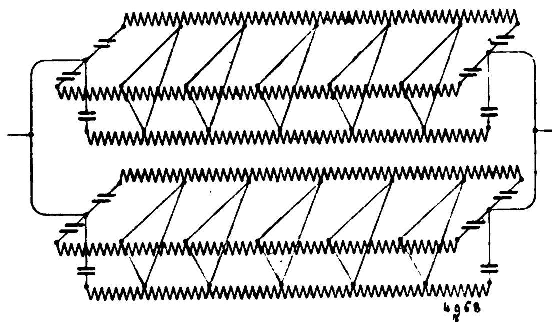


Fig. 14.

très faible, étant donné que les courants de circulation abaissent les différences de tension engendrées par les irrégularités du champ ;

4° Elles égalisent les courants dans les bobines court-circuitées par deux balais de même nom.


Fig. 15.

Les figures 14 et 15 montrent leur disposition pour des induits à 4 pôles et 6 pôles, le signe = désignant les balais.

On peut ne relier entre elles qu'une partie des lames : car au moment où passent sous les balais des lames non reliées, il s'excerce une force électromotrice entre ces lames, égale à celle qui est produite par les bobines intermédiaires entre deux connexions : cette force électromotrice donne naissance à un courant à travers les balais et les conducteurs qui les relient, mais elle est très petite, d'autant plus que les bobines qui l'engendrent sont placées dans la ligne neutre, quand même ces bobines seraient par exemple au nombre de cinq.

b. *Enroulements série-parallèles.* — Dans ces enroulements chaque dérivation de l'armature comprend des bobines placées sous tous les pôles, et par suite la dissymétrie des champs ne se fait guère sentir, et ne peut amener que de bien faibles courants de circulation ; par contre, il y a souvent entre deux lames voisines du collecteur de grandes différences de tension.

De plus les différences dans la résistance de contact des balais, peuvent amener des inégalités dans le débit des circuits en parallèle.

L'emploi des connexions équipotentielles se recommande encore dans ce cas et donne pour résultat :

1° L'égalisation des différences de tension entre les lames voisines du collecteur;

2° La meilleure compensation des irrégularités du champ;

3° La création d'un passage non inductif aux courants de circulation provenant des différences de résistance des balais ;

4° La régularisation des courants de court-circuit dans les bobines commutées.

L'auteur calcule les courants engendrés par la dissymétrie de position dans le champ des bobines en opposition et par l'inégalité du nombre des bobines de ces circuits, lorsqu'on emploie des enroulements dissymétriques.

En terminant il dit que l'emploi des connexions équipotentielles pour les machines à 4 pôles, s'impose aussi bien avec l'enroulement ondulé qu'avec l'enroulement imbriqué : leur application à l'enroulement ondulé est brevetée en Allemagne (D. R. P. n° 126872), et dans les autres pays [1]. A. M.

[1] F. Eichberg (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 355, 17 avril 1902) fait remarquer qu'on peut substituer au schéma réduit de M. le professeur Arnold, pour l'étude du potentiel dans les différents enroulements, un diagramme obtenu en portant suivant des cordes les valeurs de ce potentiel. On obtient ainsi, comme figures représentatives, (en supposant le champ homogène et la vitesse constante), un polygone ordinaire unique pour l'enroulement Gramme et l'enroulement en boucle bipo-

Sur les anneaux à collecteur, par **L. Fleischmann** et **A. Orgler**. — *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 258, 27 mars 1902.

Les auteurs, trouvant trop complexe la théorie des anneaux à collecteur de M. Marius Latour [1], donnent de ces phénomènes l'explication plus simple que nous reproduisons ci-dessous [2].

La propriété, démontrée pour les anneaux à collecteur alimentés par un courant alternatif simple, d'avoir une réactance indépendante de

---

laire, ainsi que pour l'enroulement ondulé simple ; p polygones ordinaires superposés pour l'enroulement parallèle multipolaire ; un polygone étoilé décrivant plusieurs circonférences pour l'enroulement parallèle multiple à un seul circuit fermé ; p polygones ordinaires pour l'enroulement parallèle multiple à plusieurs circuits indépendants, etc. Dans les enroulements série parallèle, les phénomènes de court-circuit sous les balais sont assez complexes, et l'auteur se propose de publier sous peu dans le *Zeitschrift für Elektrotechnik* un travail sur ce sujet. A. M.

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXIX, p. 294, 23 novembre 1901.

(2) Considérons un anneau pourvu de deux balais, placés à 180° l'un de l'autre, recevant par ces balais un courant alternatif sinusoïdal : supposons que le flux embrassé par une spire est proportionnel au sinus de l'angle formé par le plan de cette spire et la ligne des balais ; l'armature est fixe et les balais mobiles.

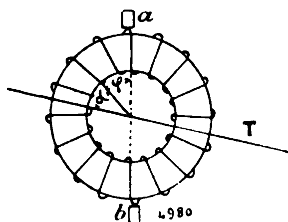


Fig. 1.

Si l'on fait tourner les balais synchroniquement au vecteur du courant alternatif, la phase ωt du courant peut être représentée par l'angle formé par la ligne des balais avec un axe fixe T, tel que le courant soit maximum quand la ligne des balais coïncide avec cet axe.

Soit J le courant alternatif maximum, α l'angle formé par une spire avec l'axe T (fig. 1), le flux à travers cette spire a pour valeur instantanée,

$$\lambda \frac{J}{2} \cos \omega t \sin (\omega t - \alpha).$$

où λ est un coefficient indépendant du courant et de la position de la spire.

Si les balais au lieu de tourner synchroniquement présentent un glissement g, l'expression du flux φ à travers une spire devient

$$\varphi = \lambda \frac{J}{2} \cos \omega t \sin [\omega t (1 - g) - \alpha] \qquad (a)$$

et le flux total dans une des moitiés de l'anneau comprenant n spires, est

$$\Phi = \int_{\omega t (1-g)}^{\pi + \omega t (1-g)} \lambda \frac{J}{2} \cos \omega t \sin [(\omega t)(1-g) - \alpha] \frac{n}{\pi} d\alpha$$
$$= -\frac{\lambda n J}{\pi} \cos \omega t.$$

La force électro-motrice induite dans le demi-anneau a donc pour valeur

$$E = \frac{d.}{dt}\left(-n \frac{\lambda n J}{\pi} \cos \omega t\right) = \frac{\lambda}{\pi} n^2 \omega J \sin \omega t,$$

expression qui ne contient pas le glissement ; donc la force électro-motrice induite dans l'anneau et par suite la réactance sont indépendantes de la vitesse de rotation.

Au repos $g = 1$, et le flux à travers une spire est

$$\varphi_1 = -\lambda \frac{J}{2} \cos \omega t \sin \alpha ;$$

le flux varie sinusoïdalement dans le temps en chaque point de l'anneau, et l'amplitude de la variation est différente, aux différents points ; elle est maximum pour $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ou $\frac{3\pi}{2}$ (diamètre perpendiculaire à la ligne des balais) et nulle aux balais.

Au synchronisme, $g = 0$, et le flux correspondant est

$$\varphi_0 = \lambda \frac{J}{2} \cos \omega t \sin (\omega t - \alpha) = \lambda \frac{J}{4} [\sin (2 \omega t - \alpha) - \sin \alpha]$$

Ce flux se compose de deux parties : un flux fixe réparti sinusoïdalement le long de l'anneau, nul pour $\alpha = 0$, c'est-à-dire sur l'axe T, et un flux tournant d'une fréquence double de celle du courant d'alimentation, qui, par suite, atteint partout la même amplitude $\lambda \frac{J}{4}$. L'ensemble des deux flux donne un flux pulsatoire, dont la valeur moyenne est nulle seulement sur l'axe T ; le flux atteint son maximum pour la distance α définie par

$$\omega t = \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2}.$$

Maintenant, au lieu de 2 balais, mettons en 4, décalés de 90° et alimentés par des courants diphasés et supposons que : 1° les courants sont sinusoïdaux dans le temps ; 2° les flux de chaque phase sont répartis sinusoïdalement le long de l'anneau ; 3° en chaque point, les flux instantanés s'ajoutent algébriquemeent.

Dans ces conditions les flux des phases I et II, à travers une spire α sont respectivement,

phase I :

$$\varphi' = \lambda \frac{J}{2} \cos \omega t \sin [\omega t (1 - g) - \alpha]$$

la vitesse relative des balais et de l'anneau, suppose qu'aucune action extérieure n'agit sur les flux.

En effet l'expression (*a*) de la note, peut être mise sous la forme

$$\varphi = \lambda \frac{J}{4} [\sin [\omega t (2-g) - \alpha] - \sin (g\omega t + \alpha)]$$

dans laquelle le flux est la somme de deux flux tournants en sens inverse de vitesses respectives,

$$(2-g)\,\omega \text{ et } g\omega;$$

si par un procédé quelconque on étouffe l'un des flux, par exemple le flux de grande vitesse $(2-g)\,\omega$ par l'addition d'une cage d'écureuil solidaire de l'anneau, ou même de connexions entre les lames du collecteur fermant l'enroulement en court-circuit, comme le fait Heyland, pour de faibles valeurs de g, le flux $g\omega$ reste seul, et à part une action pulsatoire faible due à ce qui reste du flux $(2-g)\omega$, la réactance de l'anneau se borne à l'action de $g\omega$, et devient par suite proportionnelle au glissement, comme dans les anneaux alimentés par des courants polyphasés.

A. Mauduit.

---

phase II :

$$\varphi'' = \lambda \frac{J}{2} \cos (\omega t + 90^\circ) \sin [\omega t (1-g) - \alpha + 90^\circ]$$

Le flux total est ainsi

$$\varphi = \varphi' + \varphi'' = \lambda \frac{J}{2} \sin (\alpha - g\omega t).$$

Quand les balais sont au repos, $g = 1$, et le flux a pour valeur

$$\varphi_1 = \lambda \frac{J}{2} \sin (\alpha - \omega t),$$

c'est un flux tournant ordinaire de vitesse ω.

Au synchronisme, $g = 0$, et le flux devient

$$\varphi_0 = \lambda \frac{J}{2} \sin \alpha$$

C'est un flux constant réparti sinusoïdalement le long de l'anneau ; la force électro-motrice induite est toujours nulle et l'impédance de l'anneau se réduit à sa résistance ohmique ; la réactance étant nulle.

S'il y a un glissement g, le champ tournant a une vitesse $g\omega$, et la force électro-motrice induite est proportionnelle au glissement, ainsi que la réactance.

Si maintenant laissant les balais fixes, on fait tourner l'anneau au synchronisme, on obtient un champ tournant dans l'espace à la même vitesse que l'anneau, au moyen de courants polyphasés et d'un collecteur analogue à celui que l'on utilise dans les moteurs synchrones avec un courant continu et des bagues. Les pôles de l'anneau sont aux points qui passent sous les balais au moment où le courant est maximum.

Recherches sur les plaques en plomb spongieux, par **U. Schoop**. *Centralblatt f. Accumulatoren Elementen-und Accumobilenkunde*. t. III, p. 93 et 109, 15 avril et 1er mai 1902.

Lorsqu'on trace la courbe de décharge d'un élément, on constate au commencement de la courbe un minimum qui cependant n'existe pas toujours et ne présente pas toujours la même forme.

Afin de déterminer les conditions de cette baisse de tension, l'auteur a expérimenté sur un élément à 3 plaques (2 négatives et 1 positive) du type à grille, empâtées mécaniquement. L'élément était rempli d'acide de densité 1,17. Après 10 décharges et charges, une série d'essais était effectuée pendant laquelle l'élément était déchargé 30 fois au régime d'une heure (22,8 ampères). Les principaux facteurs étaient notés et on déterminait la variation de la tension ainsi que celle de la force électromotrice par la méthode d'interruption du courant. Pendant les 5 premières minutes, on faisait une détermination toutes les 30 secondes; puis ensuite, toutes les 5 minutes.

Les mesures effectuées à l'aide de l'électrode supplémentaire au mercure montraient que l'inconstance de la tension au commencement de la décharge provenait principalement des plaques négatives. Une petite baisse survient bien aussi fréquemment aux positives provenant du rôle de la diffusion ; mais cette baisse possède en général un autre caractère que celle des négatives.

L'allure de la différence de potentiel aux bornes au commencement de la décharge est importante à connaître, d'après la définition même de la capacité pratiquement utilisable. On appelle ainsi, en effet, le nombre d'ampères heure que peut donner l'élément jusqu'à ce que la tension aux bornes ait baissé de 10 p. 100 de la valeur initiale.

Pour les lentes décharges, la poche initiale de la courbe est à peine remarquable et celle-ci prend une valeur plus élevée que dans le cas de décharges rapides, car alors l'appauvrissement de l'acide à l'intérieur des plaques survient plus lentement que dans ce dernier cas.

Ce phénomène se présente lorsque, après une charge lente on effectue, immédiatement une décharge à intensité élevée. Avec un intervalle de repos croissant, entre la charge et la décharge, la poche de la courbe disparaît de plus en plus rapidement.

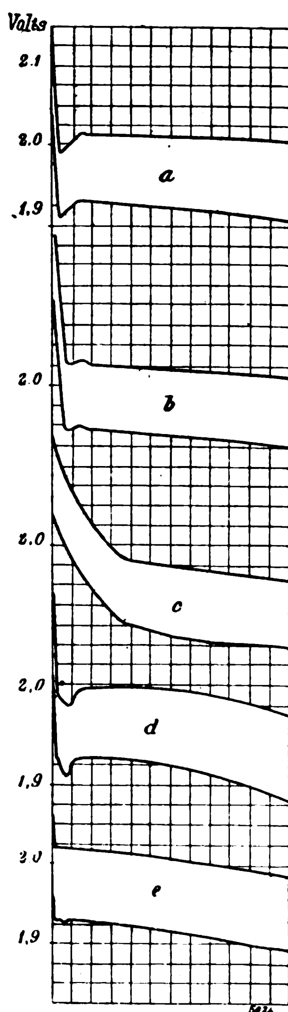


Fig. 1.

Les courbes *e* de la figure 1 montrent l'influence du repos. Après une charge normale, la décharge était effectuée à 22,8 ampères après quinze heures de repos; la température de l'acide était 19° C. et la densité de l'acide, 1,205.

Les courbes *a* se rapportent à une décharge normale en une heure; après charge à 5 ampères, l'élément est déchargé immédiatement à 22,8 ampères, la température de l'acide est 20° C, et sa densité, 1,200.

Dans les courbes *b*, la décharge, au même régime que précédemment, suivait immédiatement une charge à 20 ampères poussée jusqu'au dégagement abondant de gaz.

Après une décharge lente, en trente heures, poussée jusqu'à 1,70 V, on chargeait à 24 ampères, puis on déchargeait immédiatement à 22,8 ampères et on obtenait ainsi les courbes *c*, à la température d'acide 25° C, et la densité d'acide 1,150

Dans les expériences (courbe *d*) la charge avait lieu à 5 ampères seulement et elle était suivie immédiatement d'une décharge à 22,8 ampères; la température de l'acide était 15° C.

Dans tous les cas la courbe de la force électromotrice est parallèle à celle de la différence de potentiel.

La courbe *c* se distingue de toutes les autres par ce fait que la tension ne baisse pas en quelques secondes à la valeur 1,93 volt; mais se maintient au début à des valeurs plus élevées. A la charge précédente effectuée à 23 ampères jusqu'à violent dégagement gazeux, on constatait que la densité de l'acide à la fin ne s'élevait qu'à 1,15, malgré la quantité d'électricité chargée qui correspondait à la décharge. On pouvait en conclure qu'une assez grande quantité d'acide sulfurique était restée combinée à l'intérieur des plaques. Cette densité plus faible expliquait aussi que la tension moyenne était ici inférieure à celle des autres cas.

La courbe *d* est la plus expressive de toutes; elle montre une poche plus arrondie que celle de *a*; son minimum est atteint en deux minutes. La température de l'acide était 15° C. au début de la décharge.

En expérimentant sur un élément renfermant 2 positives et une négative, l'auteur obtenait les mêmes résultats.

On peut dire que la formation du minimum initial de la courbe et la forme de la poche ainsi obtenue dépendent des facteurs suivants :

1° Intensité de la charge précédente;

2° Durée de l'intervalle de repos entre la charge et la décharge;

3° Densité et température de l'acide;

4° Intensité du courant de décharge.

Lorsqu'on interrompt la décharge, et qu'après un long repos déterminé, on continue cette décharge à l'intensité initiale, on ne remarque dans aucun cas la nouvelle formation d'un minimum à la courbe.

L'auteur a comparé également les courbes obtenues avec des plaques d'épaisseurs différentes. A cet effet, il essayait des éléments composés d'une négative entre deux positives, (pour l'étude des négatives) et d'une positive entre deux négatives (pour l'étude des positives), ces plaques étant d'épaisseurs variables : 2, 3, 4, 5, 7, 8 mm. Il a trouvé ainsi que la poche initiale de la courbe est d'autant plus accentuée et dure d'autant plus longtemps que l'épaisseur est plus grande.

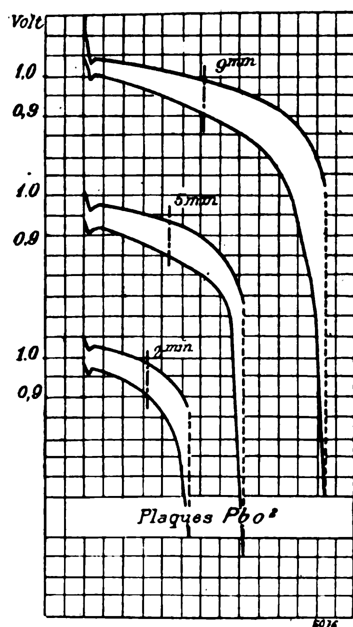


Fig. 2.

Les courbes des figures 2 et 3 indiquent les résultats obtenus, les plaques ayant comme dimensions en surface 180×150 mm² et l'intensité de décharge étant égale à 15 ampères. La limite pratique de la décharge est représentée dans chaque cas par le trait interponctué.

On voit que, au début, la tension aux bornes et la force électromotrice n'atteignent leur valeur normale (correspondant à la densité présente de l'acide) qu'après un temps d'autant plus long que la plaque est plus épaisse ; ainsi la plaque de 8 mm exige cinq minutes, tandis qu'il ne faut que deux minutes pour celle de 2 mm d'épaisseur.

Ce dernier fait montre déjà qu'il s'agit ici d'un phénomène de diffusion. Comme d'autre part les courbes de tension aux bornes et de force électromotrice sont absolument parallèles, sauf dans le dernier tiers de la décharge, il n'y a pas de doute que la baisse initiale de la tension provient d'une baisse de la force électromotrice.

Différents observateurs ont admis comme explication du relèvement de la tension initiale une diminution de la résistance intérieure. On sait qu'au début de la décharge, il y a d'abord formation d'eau dans les pores de la matière active. L'appauvrissement qui en résulte pour l'acide crée la diminution dela force électromo-

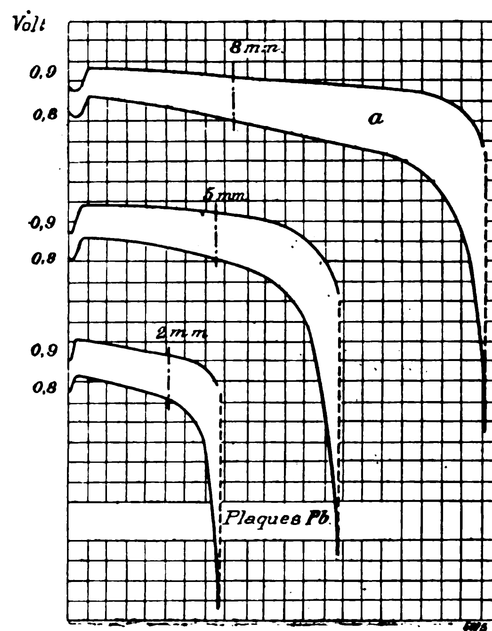


Fig. 3.

trice et en même temps de la tension aux bornes. Mais alors la température de cet acide à l'intérieur des plaques peut être augmentée par suite de la chaleur de dilution de l'acide et aussi en partie par l'effet Joule. La résistance intérieure diminuant avec la température, il peut y avoir de ce fait un relèvement de la tension qui peut compenser et même dépasser la diminution due à la baisse de la force électromotrice, ce qui expliquerait le relèvement constaté.

L'auteur combat cette hypothèse, car elle n'explique pas d'abord pourquoi le phénomène est plus prononcé à la plaque négative où cependant la matière active est plus poreuse qu'à la positive, et où se produit le transport de l'acide pendant la décharge. En second lieu, cette hypothèse ne s'accorde pas avec l'expérience puisque

les courbes montrent que le relèvement de la tension coïncide avec celui de la force électromotrice et qu'il n'y a pas diminution de la résistance intérieure.

Une autre explication de l'inconstance de la partie initiale de la tension en décharge a été donnée par la présence de l'hydrogène occlus dans le plomb spongieux. Celle-ci n'est pas non plus satisfaisante, car elle ne permet pas de rendre compte du même phénomène au début de la charge.

Une troisième hypothèse a été émise par Dolezalek [1]; c'est la suivante : au début de la décharge, il y a formation de sulfate et par suite diminution de la concentration de l'acide dans le voisinage immédiat de l'électrode, et par suite aussi baisse la tension. Bientôt peut survenir un minimum qui provient peut-être de la formation d'une solution sursaturée de sulfate de plomb. La solubilité du sulfate de plomb, dans l'acide à 20 p. 100 baisse en effet considérablement avec la dilution, de sorte que l'existence d'une sursaturation au commencement de la décharge, où il n'existe encore que peu de sulfate de plombsolide, est très possible. Or on sait, d'autre part, qu'à une augmentation de la concentration du sulfate de plomb correspond une diminution de la force électromotrice.

Quoiqu'il soit nécessaire de préciser cette hypothèse, M. Schoop admet comme certaine l'influence d'une diffusion de la solution de sulfate de plomb. Une preuve en est donnée par l'instabilité plus grande de la courbe de décharge au début, lorsque la charge précédente a été effectuée à faible intensité et qu'il n'y a pas d'intervalle entre la charge et la décharge. Le fait que la poche de la courbe ne se produit pas toujours ne serait pas explicable par l'action de la diffusion de l'acide, car dans le cas de décharge rapide la diffusion est toujours vive, tandis que la formation d'une solution concentrée ou saturée de sulfate de plomb dépend d'autres circonstances.

On sait que la courbe de variation d'intensité dans le cas de charge à potentiel constant débute à une valeur très élevée pour descendre très rapidement et atteindre un minimum, après lequel l'intensité remonte plus lentement pour diminuer ensuite normalement [1]. D'après U. Schoop, il est bien possible que cette partie instable provienne d'une augmentation de la résistance intérieure due à la non-absorption de l'hydrogène.

L. J.

(1) Die Theorie des Bleiaccumulators p. 63.

(1) Voir à ce sujet les courbes parues dans *L'Éclairage Électrique*, t. XXV p. 425.

APPAREILLAGE

Nouveau réducteur automatique, par **P. Thieme**, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 174, 27 février 1902.

Ce réducteur a pour but : 1° de faire varier le nombre des éléments d'une batterie d'accumulateurs en circuit, de façon à maintenir aux bornes de ce circuit une tension constante, alors que la tension de chaque élément va en diminuant pendant la décharge ; 2° à la charge, de sortir du circuit les éléments de réduction, non complètement déchargés, à mesure qu'ils ont atteint leur limite de charge.

Pour rendre automatique le fonctionnement du réducteur, on peut : à la décharge, le commander par un voltmètre spécial, analogue aux indicateurs de tension, monté en dérivation aux bornes du circuit et qui ferme un contact ou l'autre, suivant que la tension s'élève ou s'abaisse au-dessus ou au-dessous de la valeur fixée ; à la charge, par un voltmètre de même type, placé d'abord aux bornes du premier élément de la batterie, toujours le moins déchargé ; lorsque la tension de l'élément atteint la valeur fixée pour la limite de charge, le voltmètre actionne le réducteur, qui met hors circuit l'élément, en même temps que le voltmètre va se placer aux bornes du second élément.

Très important aussi est le problème analogue de la commande à distance du réducteur, commande qui suivant les cas, est automatique ou non : car ce dispositif permet de placer le réducteur tout près de la batterie, d'où une économie considérable sur les connexions toujours très coûteuses entre les éléments et le réducteur, surtout dans le cas des courants intenses.

En plus de la condition fondamentale de tout réducteur, à savoir que les différentes forces électromotrices soient mises en circuit ou retirées du circuit, sans coupure ni court-circuit, un réducteur à commande automatique ou à dis-

tance doit satisfaire à une autre condition : lorsque le mouvement du réducteur est une fois commencé, il doit se continuer sans interruption, jusqu'à ce que le frotteur ait effectué un déplacement complet correspondant à la mise en circuit ou hors circuit d'un élément, et cela que l'impulsion initiale qui a déterminé le mouvement subsiste ou non, ou même se trouve changée de sens.

Cette impulsion initiale est donnée soit par un voltmètre de contact, s'il s'agit d'une commande automatique, soit par deux simples boutons de sonnerie, l'un pour chaque sens, s'il s'agit de commande à distance, non automatique.

Le mouvement du réducteur peut se faire, soit par un électro-aimant actionné par un relais relié aux voltmètres ou bouton de contact, soit par un moteur dont la mise en route et le réglage sont effectués par le relais.

A cause de la difficulté d'obtenir économiquement des électro-aimants puissants, le second système est préférable et d'ailleurs à peu près unanimement employé.

Il se divise d'ailleurs en deux classes d'appareils :

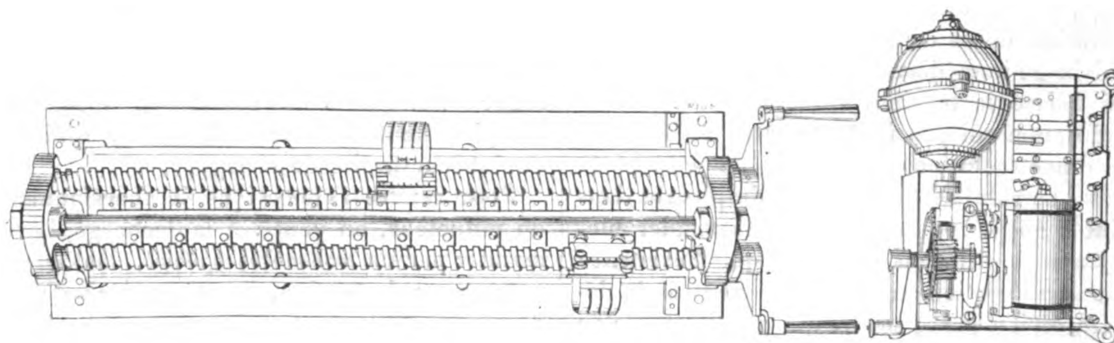


Fig. 1. — Réducteur ordinaire à vis pour 200 ampères.

1° Les appareils dans lesquels le moteur tourne d'une façon continue dans le même sens, et le réducteur est commandé par un embrayage magnétique ou à friction, qu'un relais met en marche à volonté dans un sens ou dans l'autre ;

2° Les appareils dans lesquels le moteur est accouplé directement au réducteur, et est mis en route dans un sens ou dans l'autre et arrêté par le relais.

Ce dernier dispositif est le plus simple, et a été adopté par l'auteur.

Au point de vue de la limitation de la course et surtout de la continuation du mouvement commencé, le résultat peut être obtenu mécaniquement ou électriquement :

Mécaniquement, par l'emploi d'arrêts qui maintiennent l'armature du relais dans la même position, jusqu'à la fin du mouvement, et la libèrent ensuite ;

Electriquement, soit par l'addition d'un circuit dérivé qui agisse directement sur le relais et maintienne l'armature en position, indépendamment du voltmètre de contact, jusqu'à ce que le mouvement soit terminé (correspondant à un élément) ; soit par l'addition au voltmètre de contact d'un enroulement supplémentaire qui le fixe dans sa position jusqu'à la fin du mouvement.

Le procédé mécanique demande trop de précision dans l'arrêt ; le second procédé électrique nécessite des voltmètres trop complexes, aussi vaut-il mieux agir électriquement sur le relais, comme le fait l'auteur dans l'appareil décrit ci-dessous.

La figure 1 montre : à la partie supérieure, un réducteur ordinaire à vis, pour 200 A, tel qu'un tour de manivelle corresponde à la mise en circuit ou hors circuit d'un élément ; à la partie inférieure, l'appareil de commande à distance, automatique ou non, qui peut être adapté sur un réducteur quelconque, réglé pour un tour de manivelle par plot.

A droite est le moteur, de forme sphérique, qui commande par vis sans fin, une roue dont l'axe porte au-dessus une manivelle reliée à la manivelle du réducteur, au-dessous un plateau spécial.

Au-dessous de ce plateau, se trouve le relais,

représenté en coupe avec le schéma du montage sur la figure 2. Le relais porte deux armatures solidaires, g_1 et g_2 et deux bobines ; les deux autres armatures sont reliées au-dessus par un pont k (représenté en dessous dans la fig. 2), qui porte

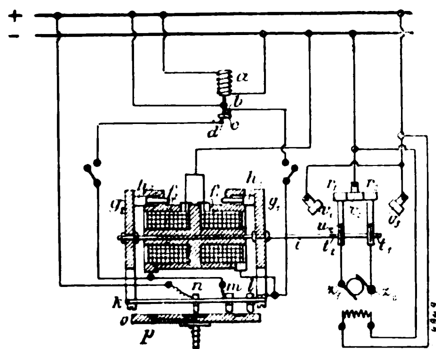


Fig. 2. — Schéma du montage du relais.

trois plots de contact l, m, n, frottant sur le plateau spécial o solidaire de la manivelle, et servant au maintien du mouvement commencé et à son arrêt en temps voulu.

Le fonctionnement est le suivant : a est un voltmètre de contact, fermant, suivant le cas, le circuit c avec b ou d ; f_1 et f_2 sont les deux bobines du relais ; les deux armatures g_1 et g_2 sont maintenues dans la position moyenne par les ressorts h_1 et h_2 ; la tige i transmet le mouvement des armatures à deux contacts en charbon r_1 et r_2, mobiles autour des points u_1 et u_2 ; dans la position moyenne, ces deux contacts sont sur v_2, et comme ils sont reliés aux bornes z_1 et z_2 du moteur, l'induit est en court-circuit ; les inducteurs du moteur sont excités séparément.

Si la tension augmente, c vient en contact avec b : alors le courant passe par le chemin $+, c, b, f, -$; l'armature g_1 est attirée ; les contacts s'établissent r_1 avec v_2, r_2 avec v_3 ; le moteur se met en route dans un sens.

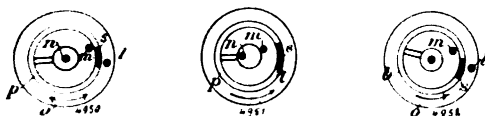


Fig. 3, 4 et 5.

En même temps, le plateau o tourne dans le sens de la flèche (fig. 3, 4 et 5).

La figure 3 représente le plateau au repos ; ce plateau isolant, porte un anneau conducteur p, interrompu par un isolant s, et relié électriquement à un cercle conducteur central ; au repos, les trois contacts du pont k, se trouvent en l, m, n, (fig. 3).

Après attraction de l'armature g_1, la position des contacts devient celle des fig. 3, 4 ; dès que l vient en contact avec l'anneau, un second chemin est ouvert au courant magnétisant de la bobine f_1, indépendamment du voltmètre.

Lorsque le plateau a fait à peu près une révolution, le contact l rencontre l'isolant s ; le circuit dérivé est coupé, et si la tension s'est abaissée suffisamment par suite de la mise hors circuit d'un élément, le contact cb, s'est aussi rompu ; l'armature g_1 revient à sa place, le moteur est mis en court-circuit par le chemin $r_1\ v_2\ r_2$, et freiné immédiatement ; si la tension n'est pas suffisamment abaissée, le contact cb continue, et le mouvement recommence pour un second tour.

Si au contraire, la tension est devenue trop faible, et que le contact cb se soit établi, le courant dans f_2 n'est pas suffisant pour détacher g_1 et attirer g_2 ; mais dès que le plateau arrive à la position où l rencontre l'isolant, l'armature g_1 est repoussée par le ressort h_1, tandis que l'armature g_2 est attirée par le courant déjà établi dans f_2 par le chemin cd, et le moteur se met en route en sens inverse.

La figure 6 met en évidence le rôle des interrupteurs de sûreté, destinés à couper la communication entre les contacts b et d et les bobines f_1 ou f_2, lorsque le réducteur arrive à l'une ou à l'autre des extrémités de sa course.

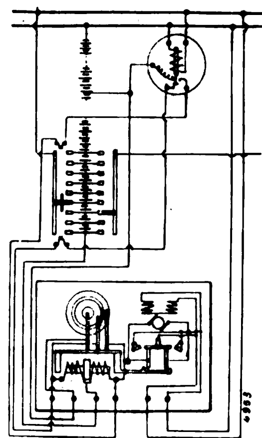


Fig. 6.

Dans l'appareil, construit par la maison Dr.

Paul Meyer A.-G., le moteur est livré pour 110 ou 220 volts; le voltmètre de contact est réglé jusqu'à 250 volts avec des résistances en série, les bobines f_1 et f_2 pour 110 volts.

On remarquera que la rupture du courant des bobines se fait, entre les contacts de charbon l ou m et l'anneau, et non aux conctacts du voltmètre, qui se conservent ainsi très bien; de même les coupures sur le moteur se font entre charbon et métal; les pièces de charbon durent très longtemps et se remplacent d'ailleurs facilement. A. MAUDUIT.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 7 juillet 1902.

Sur la relation entre l'intensité du courant voltaïque et la manifestation du débit électrolytique, par **M. Berthelot**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 5-8.

L'auteur relate quelques expériences d'électrolyse de l'acide sulfurique étendu. Les éléments de pile employés étaient constitués comme il suit: le vase poreux intérieur contenait 50 cm³ de soude (NaOH = 5 litres), additionnée d'un cinquième de son volume de pyrogallol ($C^6H^6O^3$ = 5 litres); le vase extérieur contenait 250 cm³ de chlorure de sodium (NaCl = 5 litres), additionnée d'un cinquième de son volume d'eau oxygénée (H^2O^2 = 5 litres).

Dans une première expérience, l'auteur employait deux éléments en série; la force électromotrice était de $2 \times 0,85 = 1,70$ volt; la résistance intérieure des deux éléments était de 9 550 ohms. La pile étant reliée à un voltamètre à acide sulfurique étendu, on n'avait pas de dégagement gazeux appréciable sous la pression ordinaire de 76 cm, mais sous la pression réduite de 0,8 cm l'électrolyse était nette au bout de deux minutes. Avec un voltamètre à pyrogallol l'électrolyse était notable, avec dégagement d'hydrogène sous la pression ordinaire. La quantité de gaz théoriquement mise en liberté par minute et calculée en adoptant 1,5 à 1,6 volt pour la force contre-électromotrice du voltamètre à acide sulfurique étendu et 0,8 volt pour celle du vottamètre à pyragallol doit être d'environ 0,000 009 mgr dans le premier cas et 0,000 043 mgr dans le second. M. Berthelot ayant constaté antérieurement que l'électrolyse ne devient apparente que si le débit est d'au moins 0,000 37 mgr dans le cas du voltamètre à acide sulfurique sous la pression normale, 0,000 007 mgr pour ce même voltamètre sous pression réduite, 0,000 043 mgr pour le voltamètre à pyrogallol sous la pression normale, on voit, par la comparaison de ces deux séries de chiffres que les constatations expérimentales nouvelles concordent avec les déductions que l'on pouvait tirer des résultats des expériences antérieures.

En opérant avec un seul élément (force électromotrice 0,86 volt), il était à prévoir que l'électrolyse de l'acide sulfurique étendu ne pourrait être constatée même sous pression réduite, et qu'avec le voltamètre à pyrogallol on se trouvait aux limites de la visibilité de l'électrolyse. L'expérience ne donna rien en effet avec le premier voltamètre, mais avec le second, on observa un lent dégagement de bulles gazeuses sous pression réduite,

Sur l'électrolyse de l'azotate d'argent, par **A. Leduc**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 23-25.

Dans cette note, l'auteur fait connaître les résultats des expériences qu'il a entreprises en vue d'élucider certaines particularités de l'électrolyse de l'azotate d'argent, particularités importantes au point de vue de la détermination de l'équivalent électrochimique de l'argent [1].

I. Le premier point élucidé est le suivant. Dans l'électrolyse de l'azotate d'argent avec anode soluble, y a-t-il augmentation ou diminution de l'acidité du bain?

La plupart des expérimentateurs ont trouvé qu'un bain primitivement neutre devient acide; MM. Rodger et Wattson ont constaté qu'au con-

[1] Rappelons qu'un *Rapport sur l'équivalent électrochimique de l'argent* a été présenté par M. A. Leduc au Congrès international de Physique, réuni à Paris en 1900 (t. II, p. 440 des *Rapports*).

traire l'acidité du bain dimiuue par l'usage, M. Leduc montre que la contradiction n'est qu'apparente, qu'il y a une limite de l'acidité, de sorte que, si l'on part d'un bain neutre, on obtient un bain acide, tandis que si l'acidité est primitivement plus grande que l'acidité limite, il y a diminution de l'acidité [1].

II. Le second point est relatif à la *corrosion du dépôt cathodique* par le bain d'azotate d'argent, comme cela semble bien établi en ce qui concerne le cuivre, surtout en bain acide et en présence de l'air [1].

Les masses d'argent pesées par les divers savants qui ont traité ces questions sont trop faibles, et c'est à cela qu'il faut attribuer, suivant M. Leduc, les résultats contradictoires. Une expérience bien simple suffit à prouver que *cette prétendue corrosion n'existe pas* [2].

III. — Le troisième point se rapporte à la *polarisation du voltamètre à azotate d'argent.*

A cette occasion, M. Leduc rappelle le procédé imaginé par M. Gore pour corriger ses résultats de la corrosion cathodique dans l'électrolyse du cyanure double d'argent et de potassium, ou du sulfate de cuivre. M. Gore détermine la perte de masse d'une lame de même métal que le dépôt, isolée dans le bain pendant que le courant passe. Or, d'une part, si la lame est épaisse et le courant suffisant, celui-ci la traverse, et, comme le gain du côté cathode n'égale jamais la perte du côté anode, on ne mesure pas ainsi la corrosion. D'autre part, si l'on remplace la lame par un fil fin, et si le courant est suffisamment faible, on ne constate plus aucune altération, quelle que soit la durée de l'expérience.

Cette observation a conduit M. Leduc à penser que la force contre-électromotrice d'un voltamètre à azotate d'argent, que l'on suppose

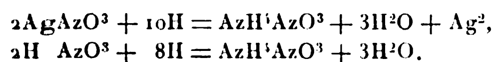
---

[1] Voici les expériences qui l'ont conduit à cette conclusion :

« 1. Lorsqu'on opère avec *anode de platine*, en solution suffisamment concentrée, on voit se former sur l'anode des cristaux bruns octaédriques ou aiguillés, suivant les circonstances. Ce corps a été pris autrefois pour du peroxyde d'argent ; M. Berthelot lui attribue la formule $4Ag^2O^3$, $2AgAzO^3$, H^2O. Il se produit en même temps de l'acide azotique libre. Mais, lorsque l'acide a atteint une certaine concentration, il réagit sur ce composé avec dégagement d'oxygène.

» Mettons fin à l'expérience et abandonnons le voltamètre à lui-même : le produit brun finit par disparaître, et le résultat final est le même que s'il y avait eu simplement réaction secondaire de AzO^3 sur l'eau. Mais il faut bien noter que les choses ne se passent pas aussi simplement en réalité ; car on n'aperçoit aucun dégagement gazeux au début de l'électrolyse.

» 2. L'acide produit de cette manière, ou préexistant dans le bain, est électrolysé en même temps que l'azotate. L'hydrogène qui se porte à la cathode ne se dégage pas. Il résulte de mes expériences qu'il ne se diffuse pas non plus dans le liquide, et qu'il n'est pas absorbé d'une manière appréciable par le dépôt cathodique, contrairement à ce que j'ai constaté sur l'or dans d'autres conditions. Il est complètement absorbé par les réactions secondaires suivantes :



$$2AgAzO^3 + 10H = AzH^4AzO^3 + 3H^2O + Ag^2,$$
$$2H\ AzO^3 + 8H = AzH^4AzO^3 + 3H^2O.$$

» 3. *Anode soluble*. — Si la densité du courant au voisinage de l'anode est suffisamment faible ($\leqq 0{,}002$ C.G.S. par exemple, en bain de concentration normale), il ne semble point se produire à l'anode autre chose que la réaction classique ($Ag + AzO^3 = AgAzO^3$).

» Mais, si la densité augmente, les réactions envisagées plus haut se produisent avec une intensité croissante. Il en résulte une acidification du bain d'autant plus rapide que celui-ci est plus étendu et la température plus élevée. On constate en même temps que le bain s'appauvrit en azotate.

» 4. A la cathode, l'acide se détruit comme plus haut, de sorte qu'il s'établit un état d'équilibre dans lequel l'*acidité du bain prend une certaine valeur limite* que l'on rend aisément très faible.

» Si le bain était primitivement neutre, il devient légèrement acide, à moins que la densité anodique ne soit suffisamment faible. L'introduction d'oxyde d'argent dans le bain retarde évidemment l'apparition de l'acide.

» Si le bain est primitivement acide, et si son acidité est supérieure à ladite limite, elle diminue, comme dans les expériences de MM. Rodger et Watson.

» Je donnerai quelques détails dans un Mémoire plus étendu. »

[1] « Ainsi, MM. Schuster et Crossley trouvent un dépôt d'argent un peu plus lourd, en opérant dans le vide et un peu moins lourd, au contraire, lorsqu'ils opèrent en présence de l'oxygène. Le premier point a été confirmé par M. Myers, qui estime à 1/1000 le déficit d'argent dans un voltamètre non privé d'air; mais ses observations en présence de l'oxygène sont en contradiction avec les précédentes. »

[2] Voici cette expérience :

« Après avoir pesé, avec les précautions convenables, l'argent déposé sur la capsule formant la cathode, séché dans le vide, à la température ordinaire, je remets dans cette capsule le bain, neutre ou légèrement acide, où s'est formé ce dépôt, et je l'y laisse séjourner jusqu'à 19 heures ; puis je décante, je lave et je sèche comme précédemment. Le résultat de ces opérations a été négatif : la masse du dépôt, voisine de 30 gr, n'a point varié d'une manière appréciable. »

généralement très faible ou même nulle, n'est pas, en réalité, négligeable. Il résulte d'expériences qui seront décrites ailleurs que *cette force électromotrice est voisine de 0,03 volt* (1).

Sur l'action de la self-induction dans la partie ultra-violette des spectres d'étincelles, par **Eugène Néculcéa.** *Comptes rendus,* t. CXXXV, p. 25-27.

L'auteur décrit les caractères des raies du spectre de l'étain.

Nouvelles recherches sur les courants ouverts, par **V. Crémieu**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 27-30.

M. Pender (2) a fait, aux expériences de l'auteur sur la convection électrique, l'objection suivante ; les disques dont il se servait étaient, dans la plupart des cas, recouverts de couches diélectriques destinées à éviter les étincelles ; M. Pender pense que ces couches devaient entraîner des charges égales et de sens contraire à celles communiquées aux disques tournants.

Pour répondre à cette objection, M. Crémieu a entrepris de nouvelles expériences dans lesquelles il a cherché à réaliser les conditions théoriques d'une expérience de convection correcte, c'est-à-dire certitude expérimentale : 1° qu'on entraîne une charge avec son support pondérable ; 2° que seule cette charge peut agir sur les appareils destinés à déceler les effets magnétiques dus à son mouvement ; 3° qu'aucune perte appréciable de charge ne se produit pendant ce mouvement.

Ces expériences (3) ont montré que dans certains cas il y a déviation du système magnétique par la charge électrique en mouvement, mais,

(1) Voir, à ce sujet, G. di Ciommo, *Nuovo Cimento*, 4e série, t. XII, p. 258, *Écl. Élect.*, t. XXVII, p. 391, 8 juin 1901.

(2) *Phil. Mag.*, août 1901, p. 179.

(3) Voici la description qu'en donne M. Crémieu :

« Un disque circulaire d'ébonite, de 6 mm d'épaisseur, 24 cm de diamètre, porte, fixés sur sa périphérie, 18 secteurs en micanite de 1 mm d'épaisseur, séparés les uns des autres par 2 cm d'air et parfaitement isolés sur l'ébonite. Le tout forme une sorte de roue à ailettes planes, d'un diamètre total égal à 50 cm et qui tourne dans un plan horizontal.

» Les secteurs de micanite sont dorés, sur leurs deux faces, sur une largeur de 5 cm à partir de la périphérie.

» En un point de leur circonférence, ces secteurs viennent passer entre deux secteurs métalliques fixes, reliés à une source électrique ; en même temps, ils touchent un balai A, relié au sol, et se chargent par influence.

» Ils quittent ensuite les secteurs fixes et tournent à l'air libre. Après trois quarts de tour, ils rencontrent un balai B, relié au sol, sur lequel ils se déchargent. Un galvanomètre interposé entre A ou B et le sol permet de mesurer les charges prises et abandonnées par les secteurs.

» Les secteurs mobiles chargés, viennent défiler à 8 mm en dessous d'un système astatique très sensible protégé par un tube de verre recouvert de papier d'étain relié au sol.

» A 8 mm en dessous et parallèlement au plan des secteurs, on a placé une nappe conductrice témoin dans laquelle on peut envoyer les charges appelées en A ou récoltées en B, ce qui permet de comparer l'action de la même quantité d'électricité agissant par convection et par conduction.

» Pour qu'on puisse renverser le sens de la rotation du disque en faisant toujours passer sous le système astatique des secteurs chargés, le balai B peut être fixé dans deux positions différentes, symétriques par rapport au diamètre passant par A.

» On peut ainsi faire dans les deux sens des courants ouverts. Si l'on supprime le balai B, on réalise la rotation continue d'une charge permanente, ou forme Rowland-Maxwell.

» Cette méthode a l'inconvénient de ne permettre de réaliser que des débits relativement petits, par rapport à ceux que l'on *calcule* dans le cas de disques tournant entre des armatures fixes reliées au sol.

« Les débits maximum *mesurés* ont été de $\frac{1}{20\,000}$ de coulomb par seconde, qui auraient dû produire, dans la position la plus favorable, une force magnétique de l'ordre de 5×10^{-6} C. G. S.

» Le système astatique est formé de deux groupes composés chacun de sept aimants cylindriques de 16 mm de long fixés à 0,10 m l'un de l'autre, sur une lame de mica doré.

Moment magnétique M de chaque groupe	20 C. G. S.
Période d'oscillation dans l'air t_1	$0^s,8$
Période d'oscillation du système complet dans l'air t_2	10^s
Rapport $\frac{K}{M}$ (K moment d'inertie) de chaque groupe	0,0015
Coefficient de réduction $\frac{t_1^2}{t_2^2}$	0,0064

On voit que le couple maximum agissant sur le système aurait été de 10^{-4} environ.

» Grâce au concours de M. Jean Javal, j'ai pu faire de nombreuses séries d'expériences. On ne peut opérer qu'après que la circulation des voitures a cessé, c'est-à-dire de 1 heure à 5 heures du matin.

» On observait simultanément le galvanomètre de mesure des débits et le système astatique.

» Les résultats sont les suivants :

» Le système astatique reçoit, *en général*, au moment

pour diverses raisons, « les déviations observées ne paraissent pas dues à l'effet magnétique de la convection électrique. »

Sur la nature du cohéreur, par **J. Fényi**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 30-32.

L'auteur a constaté les faits suivants :

« Si l'on dispose parallèlement quatre cohéreurs formés d'aiguilles d'acier, de manière que le courant passe simultanément par les quatre points de contact, le système fonctionne tout à fait comme une seule paire d'aiguilles. Il ne fonctionne plus avec précision, si le potentiel de la pile dépasse environ 0,25 volt ; avec le potentiel de 1 volt, il cesse tout à fait. Au contraire, si l'on réunit les quatre cohéreurs en série, on peut les insérer dans le circuit d'un élément de Meidinger, sans qu'il soit nécessaire d'affaiblir le potentiel par un circuit secondaire. En disposant six cohéreurs en série, on peut les insérer dans le circuit d'un élément Leclanché, dont le potentiel est de 1,5 volt. En prenant même deux ou trois éléments Leclanché en série, on peut insérer un tel cohéreur en batterie dans leur circuit, si l'on augmente le nombre des cohéreurs simples à raison de trois ou quatre pour 1 volt de potentiel du circuit. »

D'après ces faits, les cohéreurs à aiguille auraient donc la propriété « d'affaiblir le potentiel à chaque point de contact d'environ 0,25 volt et cela indépendamment de la tension absolue au moins dans certaines limites ». L'auteur admet que, bien que chaque contact constitue pratiquement une coupure du circuit, il laisse néanmoins passer un courant extrêmement faible qui suffit pour établir une distribution du potentiel. Cette hypothèse permet d'expliquer en partie le fonctionnement des cohéreurs usuels à limailles, ou à débris de charbon : Les petits morceaux de métal se placent à la suite l'un de l'autre, en une sorte de série ; ce sont eux qui affaiblissent progressivement la tension électrique, selon leur nombre, et l'on peut, en effet, insérer le cohéreur à limailles dans le circuit d'un élément Leclanché. D'autres particules forment des contacts parallèles et ne fonctionnent qu'en diminuant la résistance.

« Mais, ajoute M. Fenyi, ce qui constitue une différence importante entre le cohéreur en batterie et le cohéreur à limailles, c'est que le premier permet un réglage rationnel. Tout est alors mesurable : on connaît le nombre des contacts, on peut essuyer les aiguilles, varier et mesurer la pression entre 0,2 gr et 6 gr. Au contraire, les conditions du cohéreur à limailles sont tout à fait inconnues, et variables selon les hasards du choc. On ne sait pas combien de particules se succèdent, combien se sont rangées parallèlement. En outre, les morceaux, très irréguliers, se touchent par des points plus ou moins aigus, exercent des pressions très diverses par unité de surface, et ces pressions peuvent surpasser les limites admissibles. On s'explique ainsi comment les cohéreurs à limailles se montrent fort capricieux, tandis que les cohéreurs à aiguilles fonctionnent d'une manière infaillible [1]. »

de la charge ou de la décharge des secteurs mobiles, des impulsions qui sont *le plus souvent* dans le sens prévu pour l'effet magnétique de la convection.

» *Souvent* aussi ces impulsions sont suivies de déviations permanentes dans le sens prévu.

» Très nettes au début d'une série, les déviations et impulsions vont toujours en diminuant et finissent par s'annuler, sans que les débits mesurés présentent des variations correspondantes.

» Il n'existe aucun rapport entre la grandeur des déviations du système astatique et celle des débits mesurés.

» Le maximum de déviation permanente obtenu a été de 6 mm ; la moyenne générale est un peu inférieure à 2 mm.

» En envoyant, dans un sens convenable, le débit des balais dans la nappe témoin, on soumet le système astatique à la résultante des actions en sens inverse du disque et de la nappe. Les effets du disque étant indépendants des débits, on obtient alors des déviations dans le sens du disque si le débit est faible, en sens inverse s'il est fort.

» Les valeurs de v calculées d'après les déviations obtenues peuvent, par suite, être nulles, négatives ou infinies ; dans certains cas, elles concordent même avec la valeur théorique.

» Les effets obtenus sont les mêmes, que l'on supprime ou non le balai B.

» Leur grandeur ne varie pas tant que le système astatique est au-dessus de la dorure chargée, quelle que soit sa position relativement à l'axe de rotation. Ils s'annulent dès que le fond de l'écran électrique qui protège le système n'est plus au-dessus de la dorure.

» Si l'on change le sens de rotation du disque sans déplacer le balai B, les secteurs mobiles ne sont plus chargés en passant sous le système astatique ; cependant les déviations conservent quelquefois leur grandeur, mais leur sens est changé. »

[1] « Il n'est aucune des conditions du cohéreur à limailles qu'on ne puisse réaliser avec des cohéreurs à

En terminant, M. Fenyi signale quelques expériences dont la télégraphie sans fil peut tirer profit :

« Dans la pratique de la télégraphie sans fil, écrit-il, on dit aussi qu'on ne doit insérer le cohéreur que dans le circuit d'un seul élément Leclanché, et que le courant ne doit pas dépasser un millième d'ampère. Mon installation ne me permet pas de faire des expériences de télégraphie sans fil à grandes distances; mais les expériences faites dans le laboratoire, avec mon cohéreur en batterie, m'ont montré qu'on peut l'insérer dans le circuit de trois éléments Leclanché en série, sans autre résistance, et que le cohéreur fonctionne alors régulièrement, quoique le courant soit de l'ordre d'un dixième d'ampère.

« J'ai profité de cette propriété des cohéreurs à aiguilles, de fonctionner avec un courant d'une intensité notable, pour disposer des appareils d'une simplicité surprenante [1]. »

---

pointes, en les disposant convenablement. Une combinaison semblable a d'ailleurs été proposée par M. Boese. Ainsi s'explique aussi la pratique prescrite, de prendre des limailles lourdes et de les cribler pour leur donner une égale grosseur. On ne voit pas d'abord pourquoi des morceaux égaux conviendraient mieux que des morceaux inégaux, qui semblent même plus sensibles à l'ébranlement. L'efficacité du criblage des limailles lourdes est due à ce que les points trop fins deviennent obtus. »

[1] « Si l'on place un cohéreur à 6 points sur un appareil à sonnerie convenable, et si on les insère tous deux en série dans le circuit d'un élément Leclanché, on constate qu'une petite étincelle électrique excite le cohéreur; la sonnerie retentit, ébranle le cohéreur et se tait ensuite immédiatement.

» Si l'on insère un récepteur de Morse parallèlement avec la sonnerie, on obtient un appareil qui peut servir à démontrer, dans le laboratoire, le principe de la télégraphie sans fil.

» En réunissant le cohéreur, des deux côtés, avec la terre et avec un conducteur isolé très long, on obtient un appareil qui signale les tempêtes lointaines. Si l'on insère, en outre, dans cet appareil, parallèlement avec la sonnerie, un électro-aimant enregistreur sur un mouvement d'horlogerie, on obtient un appareil enregistreur des décharges électriques dans l'atmosphère, pour les études météorologiques.

» Les expériences que j'ai faites sur la sensibilité de ces appareils m'ont montré qu'elle est essentiellement déterminée, par la longueur du conducteur isolé, qui remplace l'antenne. Un petit appareil avec un conducteur de 360 m donnait simultanément dix fois plus d'indications qu'un autre dont le conducteur était de 26 m. »

La lumière noire et les phénomènes actino-électriques, par **Gustave Le Bon**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 35-36.

Dans une note récente [1], M. Nodon annonçait que, « lorsque des radiations lumineuses sont projetées sur une lame mince, elles donnent naissance, sur la face non éclairée de cette lame, à des radiations analogues aux rayons X et aux rayons du radium ». Ces radiations, ajoutait-il plus loin, « possèdent la propriété de *traverser avec facilité les métaux en lame mince... Elles déchargent les corps électrisés* », etc.

M. G. Le Bon réclame la priorité pour ces résultats.

Il me suffira, dit-il, de reproduire quelques passages des notes insérées il y a cinq ans dans les *Comptes rendus*, pour montrer que ces résultats sont absolument identiques à ceux que j'ai fait connaître à propos de la lumière noire,

« Les radiations obscures engendrées par la lumière tombant à la surface des corps *déchargent l'électroscope. Elles traversent les écrans électriques...* Ces radiations se rapprochent, par quelques-unes de leurs propriétés, des rayons X, mais elles en diffèrent par plusieurs points fondamentaux... S'il est vrai, comme je tente de le démontrer depuis longtemps, que toutes les fois que les corps sont frappés par la lumière ils engendrent une forme particulière d'énergie, il s'ensuit que ce mode d'énergie, si peu connu encore, se trouve être pourtant un des plus répandus dans la nature. » (*Comptes rendus*, avril 1897, p. 755; *Ecl. Elect.*, t. XI, p. 223, 24 avril 1897.)

M. Nodon a donné aux radiations qu'il croit avoir découvertes le nom de rayons *radio-actiniques*. Elles sont identiques, comme on le voit, à celles que j'ai désignées sous le nom de *lumière noire*.

Ajoutons que, dans une note intitulée « Action dissociante des diverses régions du spectre sur la matière », publiée dans les *Comptes rendus* du 7 juillet, mais remise à la séance du 9 juin dernier, M. Le Bon décrit quelques expériences de décharge d'un électroscope par la face non éclairée de divers corps soumis à l'action des radiations solaires.

---

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 106, 19 juillet 1902.

Le Gérant : C. **NAUD.**

Tome XXXII. Samedi 2 août 1902. 9e Année. — N° 31.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

ANALYSE ÉLECTROLYTIQUE

Contribution au dosage électrolytique du mercure, par **E. Bindschedler** (*Zeits. für Electrochem.* t. VIII, p. 329, 1902). — L'auteur rend compte de l'étude critique qu'il a faite des procédés indiqués par Neumann dans son traité. M. Bindschelder a fait ses expériences dans une capsule dépolie de 150 cm^3 de capacité ; après l'électrolyse, il lavait sans interrompre le courant, enlevait autant que possible l'eau avec du papier à filtre, puis desséchait dans un siccateur, en présence de chlorure de calcium. Le composé employé était du bichlorure de mercure pur.

Relativement au dosage en solution sulfurique, effectué sur 0,5 gr de bichlorure, en présence de 1 à 2 cm^3 de H^2SO^4, avec un courant de 0,5 à 1 ampère, sous 3,5 à 5 volts, Bindschedler a trouvé que le temps indiqué par Neumann (deux heures à deux heures et demie) est notablement trop court. L'expérience n'est réellement terminée qu'après sept heures au moins et donne alors de bons résultats.

La précipitation d'une solution de cyanure double se fait, selon Neumann, dans les conditions suivantes : « A la solution aqueuse de 0,5 gr de $HgCl^2$, on ajoute 3 gr de cyanure de potassium, puis on étend à 150 cm^3 la liqueur devenue limpide. L'électrolyse se fait avec une densité de courant de 0,5 à 1 ampère et sous une tension de 5,5 à 6 volts, à la température ordinaire. Le dépôt est total après une heure. L'opération marche également bien avec une densité de 0,02 ampère, la durée est alors de douze heures. On peut aussi chauffer à 60°; dans ce cas, la précipitation est plus rapide. »

Encore ici, Bindschedler a trouvé que la durée indiquée pour le travail avec forte densité est trop faible ; après une heure, le liquide contient encore du mercure ; après deux heures, il n'en renferme plus. Mais une autre particularité a été mise en évidence dans

cette étude. Si l'on prolonge l'expérience pendant plusieurs heures, le passage du courant échauffe le contenu de la capsule vers 40°, et les résultats sont généralement trop faibles; il en est de même lorsque l'on chauffe la cellule à 60°; cependant, dans ces cas, l'électrolyte ne renferme plus de mercure après l'opération. L'auteur ne voit qu'un moyen d'expliquer cette perte, c'est d'admettre qu'un peu de mercure se volatilise lorsque le niveau du liquide baisse dans la capsule, par suite de l'échauffement dû au courant ou bien au chauffage extérieur. L'évaporation du métal, dans ces conditions, a pu, d'ailleurs, être mise en évidence par des expériences directes. D'autre part, la méthode appliquée avec une faible densité (de 0,03 à 0,1 ampère) et à la température ordinaire, sans échauffement consécutif, donne de très bons résultats. Il faut donc veiller soigneusement, dans le cas où la température doit s'élever, à remplacer le liquide qui s'évapore, de manière à ce que le mercure déposé ne soit jamais au contact de l'air.

Dosage du bismuth, par **O. Brunck**, *Ber. der deutsch. chem. Gesell.*, p. 1871, 1902. — Le dosage de ce métal n'est pas sans difficulté à cause de sa tendance à se déposer sous forme peu compacte et à donner une petite quantité de peroxyde sur l'anode. Les méthodes décrites jusqu'à ce jour laissent à désirer, soit parce qu'elles ne permettent de déposer que de très petites quantités de métal, soit parce qu'elles n'emploient que des courants très faibles, d'où une prolongation gênante de l'expérience, soit enfin parce qu'elles exigent l'agitation continuelle du liquide, ce qui n'est pas très pratique.

O. Brunck s'est demandé si l'emploi des cathodes en toile de platine indiquées par Winckler ne permettrait pas d'obtenir des dépôts compacts et adhérents, dans des conditions où la chose est impossible avec du platine en lames. Le succès a répondu à son attente. L'opération se fait en solution azotique; la quantité de cet acide libre peut atteindre de 20 à 25 fois celle du bismuth, mais ne doit pas dépasser 2 p. 100 de la solution. Celle-ci se prépare commodément en ajoutant à la substance à dissoudre juste la quantité d'acide nécessaire pour qu'il ne se précipite pas de sel basique, lorsque l'on étendra le liquide à 100 cm^3 environ. Avec trop d'acide, le bismuth deviendrait cristallin et pourrait se détacher pendant les lavages.

Il est indispensable de ne pas dépasser une tension maximum de 2 volts; la densité du courant variera avec la quantité de bismuth dissous; s'il y en a plus de 0,1 gr dans 100 cm^3, on peut aller jusqu'à 0,5 ampère de $D. N._{100}$; s'il y en a moins de 0,05 gr, il est bon de ne pas dépasser 0,1 ampère. Le plus simple est de chauffer la liqueur à 70-80° avant l'électrolyse pour réduire ainsi sa résistance et obtenir, au début, des courants suffisamment intenses, on cesse ensuite de chauffer; à mesure que l'électrolyte se refroidit et s'appauvrit en ions métalliques, le courant diminue d'intensité et finit par tomber à quelques centièmes d'ampère. Si l'on emploie une source d'électricité donnant 2 volts, par exemple un accumulateur, il est inutile de s'inquiéter des mesures de tension. L'opération se termine en deux à trois heures.

Le bismuth précipité est extraordinairement sensible à l'action de l'acide azotique, notablement plus que le cuivre. Si, sans interrompre le courant, on se borne à soulever le système d'électrodes pour le plonger rapidement dans de l'eau, comme cela se pratique fréquemment, les gouttelettes de liquide acide restant sur le métal suffisent pour en dissoudre une quantité appréciable; il est nécessaire de faire passer encore le courant pendant un certain temps dans ce deuxième liquide, tout est alors précipité et l'on peut achever le lavage avec de l'alcool et de l'éther. Le dépôt est gris clair, avec la pointe de rouge habituelle au bismuth, compact et adhérent.

Les expériences citées, comprenant de 0,1 gr à 0,3 gr de métal et de 0,35 à 2,48 d'acide azotique ($HAzO^3$), sont très satisfaisantes.

L'acide sulfurique ne gêne pas la précipitation, mais il n'est pas recommandable de l'employer seul, car il en faut de trop grandes quantités pour éviter la formation des sels basiques.

O. Brunck a également essayé la séparation du bismuth et du plomb; mais il a trouvé qu'elle est impraticable, car le bioxyde de plomb déposé sur l'anode contient toujours du bismuth.

Séparation du plomb et du manganèse, par **Ivar Moltke-Hansen**. *Chem. Zeit.*, t. XXV, p. 393. — En 1896, Neumann a indiqué un procédé de séparation de ces deux métaux, pour le cas où le manganèse est en faible quantité; ce dernier métal reste dissous à l'état d'acide permanganique, tandis que le plomb se dépose sous forme de bioxyde de la solution azotique. Neumann se borne à dire qu'il faut employer des courants énergiques et travailler à chaud. La dose de manganèse ne doit pas dépasser 0,03 gr pour 150 cm³ de dissolution; quant à la quantité d'acide azotique, elle n'est pas exactement indiquée.

La question ayant un intérêt pratique pour l'analyse de certaines galènes, I. Moltke-Hansen a repris cette étude pour déterminer exactement les conditions permettant de réussir. Voici ses conclusions :

Lorsque la teneur en manganèse ne dépasse pas 0,03 gr, il faut mettre de 25 à 27 cm³ d'acide azotique ($d = 1,42$) pour un volume total de 150 cm³. On commence l'analyse à 70°, avec 2 ampères et 2,3 volts environ, et l'on cesse de chauffer. L'opération dure trente-cinq à quarante minutes, il n'est pas bon de la prolonger inutilement.

Si la teneur en manganèse va jusqu'à 0,04 pour 150 cm³ de liquide, on peut encore obtenir des résultats suffisamment approchés en ajoutant 35 cm³ d'acide azotique et en faisant passer 2 à 2,5 ampères. On peut aussi ne mettre que 25 à 27 cm³ d'acide, et, lorsque l'on voit apparaître des flocons d'hydrate manganique, introduire un peu d'acide oxalique dissous et en même temps un peu d'acide azotique, jusqu'à ce que les flocons disparaissent.

Les dosages ont été faits dans des capsules dépolies de Classen, avec une surface active d'anode de 120 cm².

G. Arth.

APPAREILS DE MESURES

COMPTEURS

Compteur Blathy-Japy. — Cet appareil est un compteur d'induction dérivé du compteur Blathy (¹). Un disque d'aluminium, A (fig. 1), monté sur un axe vertical, passe entre les pôles de deux électros BB et entre deux solénoïdes C. Les électros BB sont en dérivation sur le circuit; leur noyau, en fer laminé, forme un circuit magnétique, coupé seulement par un étroit entrefer destiné au passage du disque; ils sont fixés symétriquement, de part et d'autre de l'axe de rotation. Le courant dérivé traverse d'abord une bobine de self-induction à cir-

(¹) *Industrie Électrique*, p. 347, 10 août 1901.

cuit magnétique fermé et se divise ensuite entre les électros et un shunt sans self-induction ; on arrive ainsi à retarder le courant des électros d'un quart de période sur la différence de potentiel à mesurer.

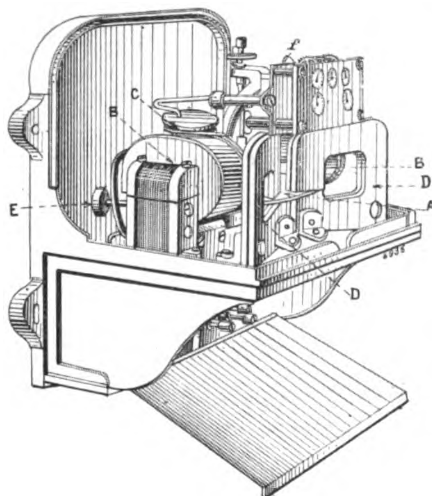


Fig. 1. — Compteur d'induction Blathy-Japy.

Les solénoïdes C sont placés sur un diamètre perpendiculaire à celui des électros, l'un au-dessus, l'autre au-dessous du disque. La réaction des courants induits dans le disque par les électros et le solénoïde produit un couple moteur proportionnel à la puissance mesurée. Des aimants permanents D agissent sur le disque pour régler sa vitesse. Pour vaincre la résistance au démarrage, de très petits écrans de cuivre sont glissés en partie dans l'entrefer des électros, de façon à créer un faible couple, égal à celui du frottement au départ. Comme on le voit, il n'y a rien de bien particulier dans tout ceci, mais il faut se rappeler que toutes ces dispositions existaient à peu près dans le modèle original de Blathy, qui est, en réalité, le premier de tous les compteurs à induction.

Des essais faits au Laboratoire central d'Electricité, il résulte, paraît-il, que le compteur ne tourne pas à vide et qu'il démarre au $\frac{1}{200}$ de sa charge maximum. Le fil fin dépense 2,5 watts sous 110 volts. Sur circuit non inductif, l'exactitude se maintient tout le long de l'échelle à 2 p. 100 près et des variations de fréquence, de 45 à 55, ne produisent pas d'erreur supérieure à 3 p. 100; la variation du voltage, entre 95 et 110 volts, donne aussi des erreurs de l'ordre de 2 p. 100. Sur circuit inductif, quand $\cos \varphi$ varie de 1 à 0,15, l'exactitude n'est pas altérée.

Comme variantes, la maison Japy construit, sur le même principe, un modèle réduit pour les petites installations et un compteur précis destiné à servir à l'usine, au départ des câbles à haute tension. Pour courants triphasés le même modèle est double, monté suivant la méthode des deux wattmètres; il donne des résultats indépendants de la charge des circuits.

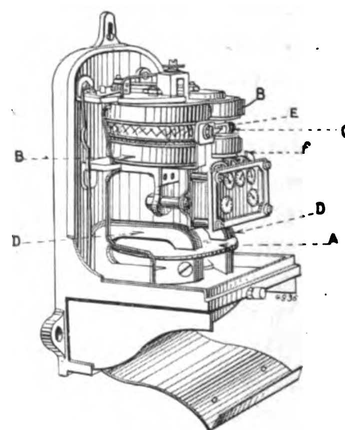


Fig. 2. — Compteur Japy pour courant continu.

Compteur Japy pour courant continu. — Dans ce compteur, un moteur à induit plat, C (fig 2), est monté sur un axe vertical, qui porte également un disque frein A, en aluminium. L'induit est plat afin de réduire l'encombrement; le collecteur a un nombre de touches impair, afin qu'il n'y ait jamais qu'un des balais à la fois sur une des coupures, ceci afin de réduire les frottements. Un petit aimant permanent E agit sur l'induit pour produire le couple de démarrage, il remplace la bobine employée habituellement. La minuterie du compteur peut, dans cet appareil comme dans le précédent, être remise au zéro sans difficulté ; il suffit d'appuyer sur le bouton *f* pour libérer les rouages du moteur.

Compteur Halsey [1]. — Nous avons déjà examiné le compteur Halsey [2] ; c'est un

[1] *Electrical World*, N. Y., t. XXXVIII, p. 231. 10 août 1901
[2] *L'Éclairage Électrique* t. XXVII, p. 209, 11 mai 1901.

ampèreheuremètre formé d'un petit moteur unipolaire, dont l'armature est un cylindre de cuivre flottant dans un bain de mercure. L'inventeur ne s'est pas arrêté à ce type et nous trouvons dans l'*Electrical World* des formes un peu différentes de ce compteur.

Dans la figure 3, l'armature est un disque de cuivre porté par l'extrémité inférieure d'un

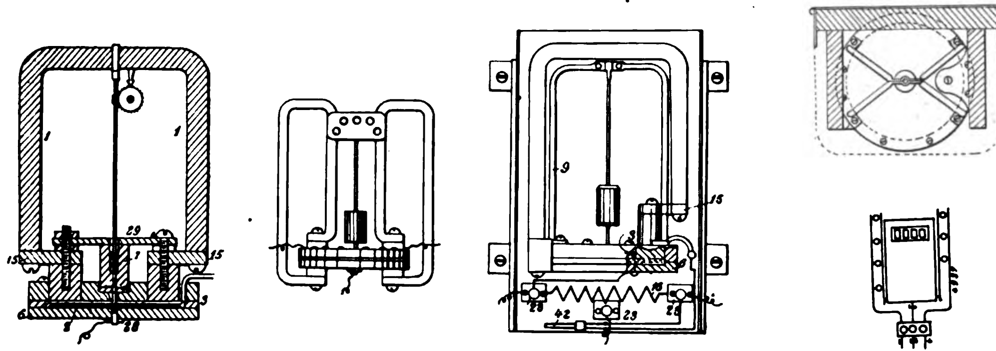


Fig. 3 à 7. — Compteur Halsey.

arbre vertical ; ce disque flotte dans une cuve à mercure très plate, dont le fond est formé par le disque en fer 6. Le couvercle isolant de la cuve, 3, est percé de deux ouvertures dans lesquelles sont scellées les pièces polaires, en fer, de l'aimant 1. Le courant arrivant au centre du disque, par un conducteur fixé à la crapaudine inférieure, traverse radialement le disque et sort, par un conducteur fixé à la périphérie de la cuve, après avoir traversé le champ magnétique dans l'entrefer de droite seulement. Le contrepoids 7 sert à équilibrer la poussée du mercure sur le disque et il porte en même temps une garniture en caoutchouc destinée à fermer l'ouverture centrale de la cuve à mercure, pendant le transport ; à cet effet, on descend le contrepoids 7 jusqu'à l'appliquer fortement contre l'ouverture.

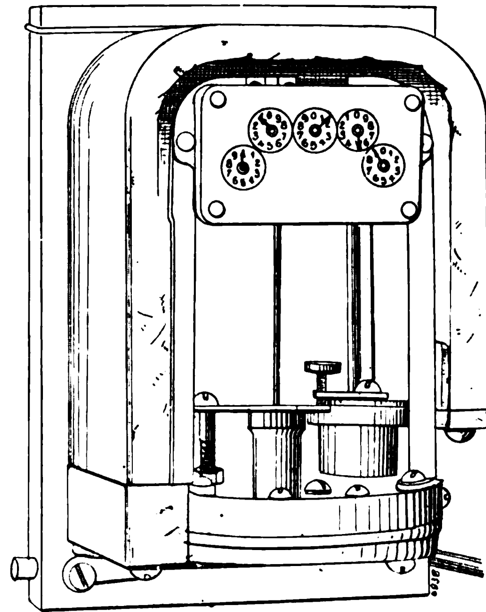


Fig. 8. — Vue d'un compteur Halsey.

L'aimant unique ci-dessus, peut être remplacé par deux aimants séparés (fig. 4). Dans ce cas la cuve est entièrement en matière isolante et les pièces polaires des deux aimants traversent les parois pour s'approcher du disque. Les champs créés par les aimants sont indépendants et de sens opposés, de sorte que le courant peut être amené par l'extrémité d'un diamètre et sortir par l'autre. On peut aussi, dans les réseaux à trois fils, mettre le fil neutre au centre et faire arriver le courant aux deux circuits par les fils extérieurs, (fig. 4 et 7).

Dans la forme adoptée de préférence par M. Halsey (fig. 5, 6 et 8), le fond de la cuve est encore en fer, il est relié à la branche gauche de l'aimant et forme le pôle sud. La branche droite porte un cylindre de fer doux qui pénètre à la partie supérieure de la cuve. Le courant, amené par un conducteur placé très près du pôle nord, traverse le champ et sort par le fond de la cuve. L'appareil ne reçoit qu'une fraction du courant à mesurer, un shunt,

16, en dérive une grande partie. Ce shunt porte trois bornes : deux aux extrémités et une au milieu, de sorte qu'il est possible de réaliser le montage de la figure 7, pour les réseaux à trois fils.

Les compteurs de ce dernier modèle sont construits pour 15, 30, 60 et 100 ampères; ils sont gradués en kilowatts-heure pour un voltage déterminé, ou en ampères-heure.

Les aimants sont garantis pendant trois ans. Il est à noter que leur affaiblissement ne change pas la graduation puisqu'ils servent à produire le couple moteur et qu'ils agissent en même temps comme frein.

Les avantages réclamés pour ce modèle sont les suivants : il démarre à très faible charge, mais jamais à vide puisqu'il n'y a pas d'enroulement dérivé. Il n'y a pas de balais; les frottements sur les pivots sont réduits au minimum, le poids de l'armature étant équilibré par la poussée hydrostatique exercée par le mercure. L'action démagnétisante du courant est négligeable, même en cas de court-circuit, à cause de la présence du shunt.

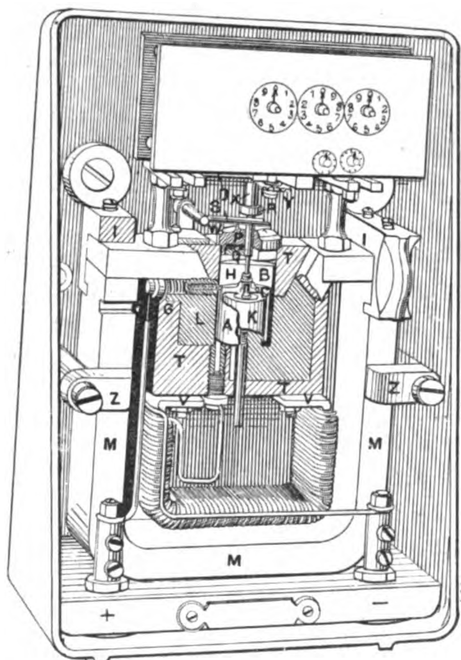


Fig. 9. — Compteur Hookham.

Le compteur de 30 ampères occupe 21,5 cm en hauteur, 14 cm en largeur et 12 cm en profondeur.

Compteur Hookham pour faibles courants [1]. — C'est un ampèreheuremètre à moteur unipolaire, comme le premier modèle de Halsey, cité ci-dessus. L'induit A (fig. 9), est un tube de cuivre monté sur un axe vertical. L'aimant M porte deux pièces polaires en fer dont l'une forme le cylindre intérieur K et une partie de la cuve annulaire. L'autre pôle, L, se projette le long d'une génératrice du cylindre A. La cuve est complétée par un bloc d'antimoine T ; elle est remplie de mercure.

Le courant parcourt le cylindre parallèlement à son axe ; il est amené à la cuve par les conducteurs F et G ; les arêtes inférieure et supérieure du cylindre sont amalgamées, le reste est nickelé, pour éviter la corrosion par le mercure.

La force antagoniste est produite par les courants de Foucault, qui développent une résistance proportionnelle à la vitesse, et par le frottement dans le mercure qui est proportionnel au carré de la vitesse. Pour que le rapport de la vitesse à l'intensité reste constant, il faut annuler l'action du frottement; c'est ce que l'on fait en diminuant l'intensité du champ permanent à mesure que le courant augmente. Dans ce but, un électro, monté en série avec le compteur, est intercalé entre les pièces polaires de l'aimant; il agit de façon à dériver une partie du flux de celui-ci proportionnée à l'intensité. Cette disposition a l'avantage d'éviter la désaimantation de l'aimant en cas de court-circuit.

Des contrepoids Q et R servent à équilibrer la poussée hydrostatique et le premier sert aussi de fermeture pendant le transport.

Compteur électrolytique Wright [2]. — Malgré leur simplicité les compteurs électroly-

[1] *The Electrician*, Londres, p. 86, t. XLVIII, 8 novembre 1901.

[2] *The Electrician*, Londres, t. XLVII, p. 997, 18 octobre 1901.

tiques ne se sont guère répandus jusqu'à présent ; nombreux sont cependant les systèmes proposés. Une nouvelle disposition a été réalisée par M. A. Wright, dans le but de réduire la chute de potentiel créée par le compteur lui-même.

Pour réduire la différence de potentiel entre les bornes de l'appareil, on est conduit à le shunter à l'aide d'une résistance assez faible, mais, si la force électromotrice de polarisation n'est pas nulle, il faut introduire dans le circuit du shunt une force électromotrice de même grandeur afin que le rapport entre le courant total et le courant dans le voltamètre reste constant. Une première solution consiste à mettre le voltamètre en dérivation, non seulement sur la résistance shunt (fig. 10), mais encore sur une partie d'une résistance intercalée entre les conducteurs ; dans ces conditions on peut régler le rapport de r à R de façon qu'il soit égal au rapport de la force électromotrice de polarisation au voltage total du circuit. Le compteur étant ainsi monté, si le courant est nul dans le circuit extérieur, la force électromotrice de polarisation est exactement contrebalancée par la différence de potentiel aux bornes de la résistance r ; au contraire, dès qu'un courant parcourt le circuit, le voltamètre en reçoit une fraction proportionnelle, comme si la dérivation qu'il forme était une résistance métallique. Par ce moyen on crée une dépense d'énergie constante, comme dans les compteurs d'énergie.

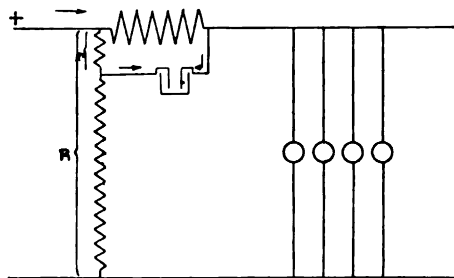


Fig. 10. — Connexions du compteur Wright.

La seconde disposition (fig. 11 et 12), consiste à employer un système impolarisable, en décomposant un sel de mercure entre deux électrodes du même métal ; le mercure mis en liberté sur la cathode tombe dans un tube où on mesure son *volume*. L'appareil entier est enfermé dans un tube de verre scellé, ce qui évite toute évaporation et, comme il n'y a pas de gaz dégagés, la pression ne s'élève pas, de sorte que la rupture du tube n'est pas à craindre.

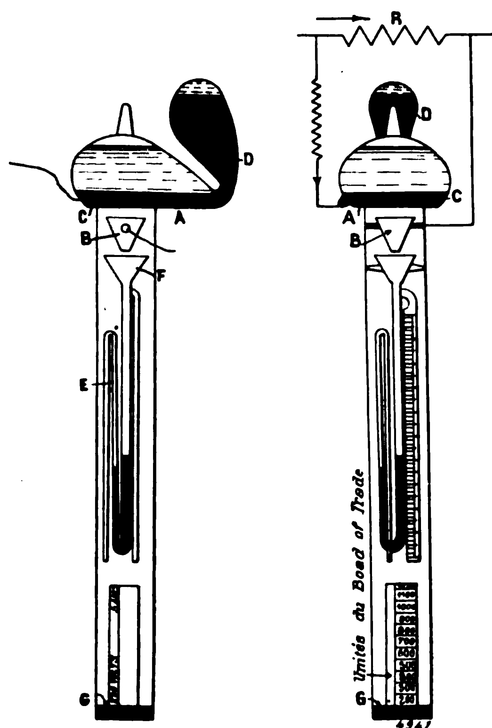


Fig. 11 et 12. — Compteur Wright.

L'anode A est la couche de mercure du récipient C ; l'électrolyte est au-dessus et une ouverture fait communiquer ce réservoir avec la partie supérieure du tube, afin que le liquide vienne également au contact de la cathode en platine amalgamé B. Grâce au réservoir D, le niveau du mercure reste constant dans le récipient C.

Un point caractéristique de ce compteur est que l'anode est placée au-dessus de la cathode, par suite, la solution enrichie au contact de l'anode tend à tomber et produit une agitation qui assure l'uniformité de la densité. La figure 13 montre les lignes de circulation du liquide.

Lorsque le courant traverse le compteur, le mercure dégagé sur la cathode B tombe goutte à goutte dans l'entonnoir F, d'où il passe dans le tube coudé E ; une échelle placée

dans le tube permet de mesurer le volume de ce mercure et, par suite, la quantité d'électricité qui a traversé l'appareil. Quand le mercure dégagé arrive en haut de l'échelle, il atteint le coude supérieur du syphon, celui-ci s'amorce et tout le mercure tombe à la partie inférieure où se trouve une nouvelle échelle pour mesurer les grandes quantités.

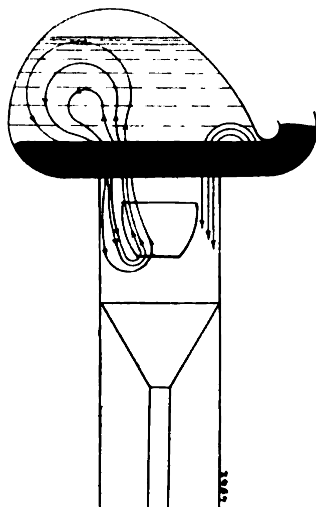


Fig. 13.

La *capacité* du compteur est limitée seulement par le volume du réservoir D. Il ne faut pas que le niveau du mercure descende trop au-dessous de l'ajutage qui fait communiquer C avec B, car la solution enrichie par la dissolution de l'anode ne pourrait plus tomber en provoquant le mélange et la densité n'étant plus uniforme, le compteur serait déréglé. Dès que tout le mercure est ainsi tombé en G, il suffit de renverser le compteur pour le faire rentrer dans le récipient C et le réservoir D ; à cet effet le système est monté sur une planchette à charnières, comme les indicateurs de maximum du même inventeur.

Les connexions sont établies comme on le voit sur la figure 12 ; une résistance est mise en série avec le voltamètre, afin d'assurer la constance de la résistance totale, et le tout est placé en dérivation sur un shunt R. Pour un compteur de 5 ampères, le circuit formé de la résistance en série et du voltamètre a environ 40 ohms, tandis que le shunt a 0,2 ohm ; il passe donc 0,025 ampère dans le voltamètre et la chute de potentiel est de 1 volt.

L'échelle est graduée en kilowatts-heure, pour un voltage déterminé ; les grandes divisions du bas représentent chacune 100 kilowatts-heure. La capacité est telle qu'un compteur de 5 ampères, 230 volts, peut enregistrer 1 200 kilowatts-heure, c'est-à-dire 1 000 heures de travail à pleine charge ; il n'y a donc lieu de remettre le compteur dans les conditions initiales qu'une fois par an. Le réglage de l'appareil se fait en calibrant le tube et en agissant sur le shunt R.

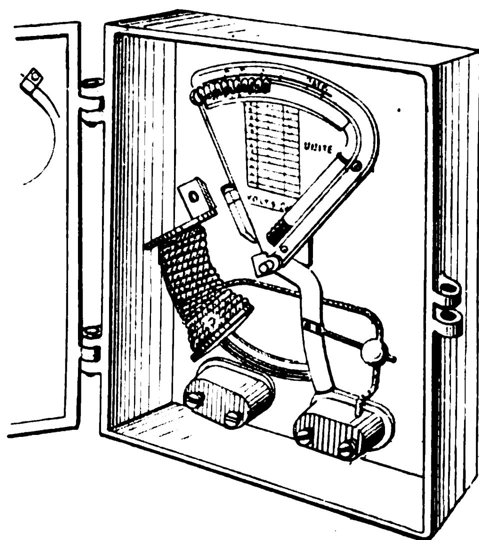


Fig. 14. — Indicateur de maximum Atkinson Schattner.

Des essais ont été faits pour s'assurer de l'absence de polarisation et de la constance de la résistance *apparente* du voltamètre. Ces essais ont porté sur trois appareils. Le premier, était fraîchement monté, le second avait sa cathode recouverte d'une très mince couche de mercure et le troisième avait déjà travaillé longtemps. Ces essais ont montré que la résistance apparente diminue sensiblement avec le premier, moins avec le second et enfin reste presque constante avec le troisième. Ceci s'explique aisément si l'on se rappelle que la force électromotrice de polarisation du platine, dans une solution de sel de mercure, diminue à mesure que l'épaisseur de la couche de mercure qui recouvre le platine augmente. C'est d'ailleurs dans le but de corriger la petite variation qui persiste que la résistance *r* est ajoutée.

Indicateur de maximum Atkinson Schattner (¹). — Cet instrument se compose d'un ampèremètre à fer doux et de l'indicateur proprement dit. L'ampèremètre est formé par un noyau de fer doux, plein ou feuilleté, courbé en arc de cercle, qui est attiré plus ou moins par un solénoïde courbe (fig. 14). Le noyau de fer est porté par un bras qui pivote sur un axe horizontal ; à la partie supérieure, ce bras se prolonge par un secteur sur lequel est tracée la graduation. Un tube de verre, courbé en arc de cercle concentrique à l'axe de rotation, est fixé sur le secteur ; une de ses extrémités se replie dans la direction du centre ; ce tube est rempli de glycérine et il renferme un certain nombre de petites billes d'acier. Quand l'appareil est au repos, le tube courbé penche vers la gauche, toutes les billes y sont logées. Dès que le courant est envoyé, le système dévie et les billes qui sont à droite du point le plus élevé roulent doucement et vont tomber dans la partie droite du tube où elles restent comme preuve de l'intensité maximum atteinte. Le mouvement des billes étant très ralenti par la glycérine, l'appareil n'enregistre pas l'effet d'un court-circuit accidentel, néanmoins, la sensibilité est suffisante pour enregistrer de légères augmentations de courant, pourvu que celles-ci aient duré plus de deux minutes.

Pour remettre les billes dans la position initiale, il suffit de décrocher le tube de verre, qui est tenu par des griffes en fer à cheval, et de le renverser. L'appareil entier est contenu dans une boîte en fonte de 19 sur 20,4 et 6,3 centimètres.

H. Armagnat.

SUR LA DÉTERMINATION
DE LA
CHUTE DE TENSION DANS LES ALTERNATEURS

La récente publication de M. Fischer-Hinnen sur ce sujet et la discussion dont elle était suivie (¹), ont de nouveau montré que la théorie des phénomènes dans les dynamos à courant alternatif n'est ni basée sûr des théorèmes physiques, ni développée selon les règles mathématiques. La critique des différentes méthodes par la comparaison des résultats obtenus en est la preuve. On pourrait pourtant se demander si les complications des phénomènes physiques dans ces machines permettent le développement d'une théorie mathématiquement exacte ? Or, comme dans les déductions purement analytiques, on néglige les quantités infiniment petites, une théorie de l'alternateur ne doit pas forcément tenir compte de tous les phénomènes secondaires, mais, ce qui est nécessaire c'est qu'elle permette l'estimation de ces phénomènes par une définition nette de tous les facteurs qui entrent en jeu dans une pareille machine.

Nous nous proposons dans ce qui suit d'étudier les phénomènes d'une dynamo à courant alternatif simple en partant des théorèmes fondamentaux en n'utilisant pour le développement des équations que les dimensions données de la machine.

Les deux problèmes principaux sont :

1° La détermination de la chute de tension de la dynamo en charge ;

2° La détermination de l'excitation nécessaire à la compensation de cette chute de tension.

(¹) *The Electrician*, Londres, t. XLVIII, p. 226, 29 novembre 1901.

(¹) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXXI, p. 19, 5 avril 1902.

La loi fondamentale de la théorie de tout appareil électrique de transformation d'énergie est celle de J. Hopkinson :

La somme des produits flux $\times$ réluctance magnétique pour un circuit magnétique fermé est égale au nombre d'ampères-fils qui sont entourés par le flux.

Dans nos dynamos les circuits magnétiques se divisent essentiellement en deux parties : le fer et l'entrefer. On sait que l'excitation nécessaire pour l'aimantation du fer n'est qu'une fraction de l'excitation totale et qu'on rapproche le plus possible les deux enroulements, inducteur et induit, à l'entrefer. Nous pouvons donc énoncer le principe :

On peut considérer l'entrefer des dynamos comme étant le lieu de l'action et réaction des forces magnétisantes. C'est dans l'entrefer que les ampères-fils de l'inducteur et de l'induit se contrebalancent. Le calcul ne s'occupera donc en premier lieu que de l'entrefer. Le nombre des ampères-fils nécessaire à l'aimantation du fer est le même pour toutes les lignes de force du flux, il ne dépend que du flux total et peut être ajouté directement au nombre d'ampères-fils évalué pour l'entrefer.

Les points de l'entrefer sur l'étendue angulaire d'un pôle sont soumis à l'action d'un nombre variable d'ampères-fils fonction de l'angle. Cette circonstance constitue la principale différence entre les machines transformant l'énergie mécanique en énergie électrique et les transformateurs statiques. Toute théorie calculant avec des ampères-tours, dont on doit supposer l'aire constante et commune aux primaire et secondaire, et non avec des ampères-fils, doit donc nécessairement donner une image incomplète et fausse des phénomènes.

Pour choisir un cas bien déterminé nous prenons une dynamo à pôles alternés, dont l'arc polaire est égal aux deux tiers du pas des pôles. Les fils de l'induit devront être répartis également sur deux tiers du pas et logés dans quatre trous. Nous divisons l'étendue d'un pôle en sections égales; leur nombre sera tel que la force magnétisante des ampères-fils induits soit constante pour toute la largeur d'une section. Ce nombre est 6 dans notre cas et nous numérotons les sections en commençant par celle qui est située au milieu des quatre encoches négatives et en continuant dans le sens de la rotation (par exemple de gauche à droite). Les encoches négatives seraient celles qui ont à droite un pôle nord engendré par le courant positif de l'induit.

La force magnétisante de l'inducteur sur un point quelconque de l'entrefer peut être considérée comme étant la différence de l'action des fils positifs et négatifs de l'enroulement inducteur. Cette valeur est une fonction de la position de l'inducteur par rapport à ce point de l'entrefer, donc, à vitesse de rotation constante, elle est une fonction du temps. Elle a la forme d'une sinusoïde aplatie et peut être représentée par l'expression :

$$4\pi_1 s_1 \mathfrak{I} \left\{ 1,18 \sin mt + 0,22 \sin 3mt + 0,04 \sin 5mt \right\}.$$

où s_1 est le nombre d'ampères-fils par pôle inducteur, $\mathfrak{I}$ le courant dans l'inducteur, m la fréquence de la machine.

Si s_2 est le nombre de fils induits par encoche, i le courant de l'induit, r la réluctance double d'une section de l'entrefer et si ensuite nous comptons le temps à partir du moment $t = 0$ où le milieu du pôle positif est équidistant des sections $+1$ et -1 en s'avançant vers -1, nous aurons pour les six flux partiels n_i des six sections les relations :

$$n_1 = \frac{4\pi}{r} \left\{ s_1 \mathfrak{I} (1,18 \sin mt + 0,22 \sin 3mt + 0,04 \sin 5mt) \pm 0 \right\}$$

$$n_2 = \frac{4\pi}{r} \left\{ s_1 \mathfrak{I} \left(1,18 \sin\left(mt - \frac{\pi}{6}\right) + 0,22 \sin 3\left(mt - \frac{\pi}{6}\right) + 0,04 \sin 5\left(mt - \frac{\pi}{6}\right)\right) + 2 s_2 i \right\}$$

$$n_3 = \frac{4\pi}{r} \left\{ s_1 \mathfrak{I} \left(1,18 \sin\left(mt - \frac{2\pi}{6}\right) + 0,22 \sin 3\left(mt - \frac{2\pi}{6}\right) + 0,04 \sin 5\left(mt - \frac{2\pi}{6}\right)\right) + 4 s_2 i \right\}$$

$$n_4 = \frac{4\pi}{r} \left\{ s_1 \mathfrak{I} \left(1,18 \sin\left(mt - \frac{3\pi}{6}\right) + 0,22 \sin 3\left(mt - \frac{3\pi}{6}\right) + 0,04 \sin 5\left(mt - \frac{3\pi}{6}\right)\right) + 4 s_2 i \right\}$$

$$n_5 = \frac{4\pi}{r}\left\{ s_1 \mathfrak{J} \left(1{,}18 \sin\left(mt - \frac{4\pi}{6}\right) + 0{,}22 \sin 3\left(mt - \frac{4\pi}{6}\right) + 0{,}04 \sin 5\left(mt - \frac{4\pi}{6}\right)\right) + 4 s_2 i \right\}$$

$$n_6 = \frac{4\pi}{r}\left\{ s_1 \mathfrak{J} \left(1{,}18 \sin\left(mt - \frac{5\pi}{6}\right) + 0{,}022 \sin 3\left(mt - \frac{5\pi}{6}\right) + 0{,}04 \sin 5\left(mt - \frac{5\pi}{6}\right)\right) + 2 s_2 i \right\}.$$

Ces équations ne sont que l'application de la loi de Hopkinson si l'on admet que la perméabilité du fer est infinie et que les lignes de force entrant dans l'armature à la section + 1 en sortent à la section — 1.

Ces flux partiels entourent respectivement o, $2s_2$, $4s_2$, $4s_2$, $4s_2$, $2s_2$ fils de l'induit. Nous multiplions chacune des 6 équations avec ce chiffre et faisons l'addition, ce qui donne :

$$\Sigma (k_i n_i s_2) = \frac{4\pi}{r} s_2 \left\{ -15{,}26 \cos mt\, s_1 \mathfrak{J} + 56\, s_2 i \right\}. \qquad (a)$$

L'excentricité de l'enroulement induit par rapport à l'entrefer donne naissance à d'autres flux, les flux de dispersion secondaires. Le courant induit engendre, en effet, dans chaque dent un flux dont le circuit est fermé à travers l'isthme de l'encoche par la dent voisine. Si r_2 est la réluctance de ce circuit et $\tau_2 = \frac{r}{r_2}$ nous avons pour le flux de dispersion n_s :

$$n_s = \frac{4\pi}{r} \tau_2 i s_2. \qquad (b)$$

La force électromotrice de l'induit est la résultante de l'action des flux a et b.

$$\mathcal{E} = -\frac{4\pi}{r} s_2 \left\{ 15{,}26\, m s_1 \mathfrak{J} \sin mt - 15{,}26\, s_1 \frac{d\mathfrak{J}}{dt} \cos mt + (56 + 8\tau_2)\, s_2 \frac{di}{dt} \right\}.$$

Nous écrivons pour abréger :

$$\frac{4\pi}{r} s_1 s_2\, 15{,}26 = \alpha\,; \qquad \frac{4\pi}{r} s_2^2 (56 + 8\tau_2) = \beta$$

et notre première équation fondamentale sera :

$$\mathcal{E} + \alpha m \mathfrak{J} \sin mt - \alpha \frac{d\mathfrak{J}}{dt} \cos mt + \beta \frac{di}{dt} = 0. \qquad (I)$$

Elle contient 3 fonctions inconnues du temps $\mathcal{E}$, i, $\mathfrak{J}$. Le rapport entre $\mathcal{E}$ et i est déterminé par la composition du circuit de charge de la dynamo. Nous choisissons le cas d'une charge sur résistances non inductives, de sorte que nous avons

$$\mathcal{E} = i\rho.$$

Le courant de l'excitation $\mathfrak{J}$ est également une fonction du temps. La réaction de l'induit est variable ; à courant d'excitation constant, elle provoquerait une variation de flux total considérable, si l'inducteur était dépourvu de self-induction. Or, comme celle-ci est très grande, les variations de ce flux seront réduites à une valeur telle, qu'elles soient suffisantes pour produire par la self-induction des variations du courant d'excitation nécessaires pour contrebalancer les variations de la réaction.

Les 6 équations des flux partiels montrent que les ampères-fils de l'induit varient comme le sinus de l'angle si on compte cet angle à partir de la section n° — 1.

Nous avons en réalité pour les 6 sections les chiffres 0, 2, 4, 4, 4, 2, 0 dont la somme est 16 ; si nous supposons une sinusoïde, les valeurs respectives seront 0 ; 2,15 ; 3,72 ; 4,3 ; 3,72 ; 2,15 ; 0 dont la somme est 16,04. La différence entre la réalité et notre supposition est donc peu importante.

Si r_e est la réluctance spécifique de l'entrefer, le flux entrant dans l'induit au point α se déduit

de l'équation :

$$n_\alpha = \frac{4\pi}{r_0} \left\{ s_1 \mathfrak{J} \left(1,18 \sin (mt - \alpha) + 0,22 \sin 3 (mt - \alpha) + 0,04 \sin 5 (mt - \alpha) + 4,3 s_2 i \sin \alpha \right\} .\right.$$

Le flux total commun à l'inducteur et à l'induit s'obtient de cette équation par une intégration de $\alpha = (mt - \pi)$ à $\alpha = mt$ ce qui donne :

$$\mathfrak{N} = \int_{\alpha = mt - \pi}^{\alpha = mt} n_\alpha d\alpha = \frac{4\pi}{r_0} \left\{ s_1 \mathfrak{J} (2,36 + 0,15 + 0,016) - 8,6 s_2 i \cos mt \right\}$$

ou si on tient compte de la relation :

$$\frac{r_0}{\pi} = \frac{r}{6}$$

$$\mathfrak{N}_1 = \frac{4\pi}{r} \left\{ s_1 \mathfrak{J}\, 4,85 - 16,4 s_2 i \cos mt \right\} .$$

Si ensuite r_1 est la réluctance du circuit magnétique de la dispersion primaire,

$$\tau_1 = \frac{r}{r_1} ;$$

$\mathfrak{N}_1$ le flux total de l'inducteur par pôle ;
$\mathfrak{R}$ la résistance du circuit d'excitation ;
$\mathcal{E}_0$ la force électromotrice de la source du courant continu, nous avons

$$\mathfrak{N} = \frac{4\pi}{r} \left\{ (4,85 + \tau_1) s_1 \mathfrak{J} - 16,4 s_2 i \cos mt \right\}$$

et notre seconde équation principale s'écrit :

$$\mathcal{E}_0 - \mathfrak{J}\mathfrak{R} = \frac{4\pi}{r} \left\{ (4,85 + \tau_1) s_1^2 \frac{d\mathfrak{J}}{dt} + 16,4 s_2 s_1 i m \sin mt - 16,4 s_2 s_1 \frac{di}{dt} \cos mt \right\}$$

ou en abrégeant :

$$\frac{4\pi}{r} (4,85 + \tau_1) s_1^2 = \gamma ; \quad \frac{4\pi}{r} 16,4 s_1 s_2 = \delta$$

$$\mathcal{E}_0 - \mathfrak{J}\mathfrak{R} - \gamma \frac{d\mathfrak{J}}{dt} - \delta m i \sin mt + \delta \frac{di}{dt} \cos mt = 0. \qquad \text{(II)}$$

Notre problème est donc réduit à la solution de deux équations différentielles simultanées, qui sont connues comme les équations fondamentales de l'électricité dynamique.

Leur solution est facilitée par le fait que nous connaissons la forme des deux fonctions inconnues. Le courant de l'induit peut toujours être représenté par une série de Fourrier qui ne contient que les harmoniques impaires :

$$i = a_1 \sin mt + a_3 \sin 3mt + a_5 \sin 5mt + \ldots \quad + b_1 \cos mt + b_3 \cos 3mt + b_5 \cos 5mt + \ldots$$

Le courant de l'inducteur devra être de la forme :

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{A}_2 \sin 2mt + \mathfrak{A}_4 \sin 4mt + \ldots \quad + \frac{\mathfrak{B}_0}{2} + \mathfrak{B}_2 \cos 2mt + \mathfrak{B}_4 \cos 4mt + \ldots$$

En effet, le courant de l'inducteur doit être le même pour tous les moments qui se suivent dans des intervalles d'une alternance, la réaction de l'induit étant la même sur le pôle positif et négatif.

Nous supposons que les harmoniques supérieures sont négligeables, que la fonction de $\mathfrak{J}$ est exactement représentée par les cinq premiers termes. En différentiant et en introduisant les

valeurs de $\mathfrak{J}$ et de $\frac{d\mathfrak{J}}{dt}$ dans l'équation I, celle-ci est transformée en équation différentielle ordinaire du premier degré dont la solution donne pour une charge sur résistance r :

$$i = \frac{\alpha m}{2}\Big\{\mathcal{A}_2 \frac{m\beta}{w_1^2} - (\mathcal{B}_0 + \mathcal{B}_2)\frac{\rho}{w^2_1}\Big\}\sin mt + \frac{\alpha m}{2}\Big\{\mathcal{A}_2 \frac{\rho}{w_1^2} + (\mathcal{B}_0 + \mathcal{B}_2)\frac{m\beta}{w^2_1}\Big\}\cos mt \qquad \text{(III)}$$

$$+ \frac{\alpha m}{2}\Big\{(\mathcal{A}_2 + \mathcal{A}_4)\frac{9m\beta}{w^2_3} - (\mathcal{B}_2 + \mathcal{B}_4)\frac{3\rho}{w^2_3}\Big\}\sin 3mt + \frac{\alpha m}{2}\Big\{(\mathcal{A}_2 + \mathcal{A}_4)\frac{3\rho}{w^2_3} + (\mathcal{B}_2 + \mathcal{B}_4)\frac{9m\beta}{w^2_3}\Big\}\cos 3mt$$

$$+ \frac{\alpha m}{2}\Big\{\mathcal{A}_4 \frac{25\, m\beta}{w^2_5} - \mathcal{B}_4 \frac{5\rho}{w^2_5}\Big\}\sin 5mt + \frac{\alpha m}{2}\Big\{\mathcal{A}_4 \frac{5\rho}{w^2_5} + \mathcal{B}_4 \frac{25\, m\beta}{w^2_5}\Big\}\cos 5mt$$

où

$$w^2_1 = \rho^2 + m^2\beta^2; \qquad w^2_3 = \rho^2 + 9m^2\beta^2; \qquad w^2_5 = \rho^2 + 25\, m^2\beta^2;$$

Cette fonction et sa dérivée introduites dans l'équation II, il résulte une identité, de laquelle nous tirons les 5 équations suivantes, qui permettent de calculer les constantes de la fonction $\mathfrak{J}$;

$$\mathcal{E}_0 = \frac{\mathcal{B}_0}{2}\mathcal{R}$$

$$\mathcal{A}_2\Big\{\frac{2\mathcal{R}}{\alpha^2 m\delta} + \frac{\rho}{w_1^2} + \frac{3\rho}{w_3^2}\Big\} + \mathcal{B}_2\Big\{-\frac{4\gamma m}{\alpha m^2\delta} + \frac{m\beta}{w_1^2} + \frac{9m\beta}{w_3^2}\Big\} + \mathcal{A}_4 \frac{3\rho}{w_3^2} + \mathcal{B}_4 \frac{9m\beta}{w_3^2} = -\frac{m\beta}{w_1^2}\mathcal{B}_0$$

$$-\mathcal{A}_2\Big\{-\frac{4\gamma m}{\alpha m^2\delta} + \frac{m\beta}{w_1^2} + \frac{9m\beta}{w_3^2}\Big\} + \mathcal{B}_2\Big\{\frac{2\mathcal{R}}{\alpha m^2\delta} + \frac{\rho}{w_1^2} + \frac{3\rho}{w_3^2}\Big\} - \mathcal{A}_4 \frac{9m\beta}{w_3^2} + \mathcal{B}_4 \frac{3\rho}{w_3^2} = -\frac{\rho}{w_1^2}\mathcal{B}_0 \qquad \text{(IV)}$$

$$\mathcal{A}_2 \frac{3\rho}{w_3^2} + \mathcal{B}_2 \frac{9m\beta}{w_3^2} + \mathcal{A}_4\Big\{\frac{\mathcal{R}}{\alpha m^2\delta} + \frac{3\rho}{w_3^2} + \frac{5\rho}{w_5^2}\Big\} + \mathcal{B}_4\Big\{-\frac{4\gamma m}{\alpha m^2\delta} + \frac{9m\beta}{w_3^2} + \frac{25\, m\beta}{w_5^2}\Big\} = 0$$

$$-\mathcal{A}_2 \frac{9m\beta}{w_3^2} + \mathcal{B}_2 \frac{3\rho}{w_3^2} - \mathcal{A}_4\Big\{-\frac{4\gamma m}{\alpha m^2\delta} + \frac{9m\beta}{w_3^2} + \frac{25\, m\beta}{w_5^2}\Big\} + \mathcal{B}_4\Big\{\frac{\mathcal{R}}{\alpha m^2\delta} + \frac{3\rho}{w_3^2} + \frac{5\rho}{w_5^2}\Big\} = 0.$$

En introduisant les fonctions de i et $\mathfrak{J}$ de l'équation :

$$\mathcal{N}_1 = \frac{4\pi}{r}\Big\{(4{,}85 + \tau_1)\, s_1\mathfrak{J} - 16{,}4\, s_2 i \cos mt\Big\}$$

nous trouvons une fonction qui permet le calcul du flux total de l'inducteur.

$$\mathcal{N}_1 = \Big(\frac{\gamma}{ms_1}\frac{\mathcal{B}_0}{2} - \frac{\dot{\delta}}{2s_1 m} b_1\Big) + \sin 2mt\Big\{\frac{\gamma}{ms_1}\mathcal{A}_2 - \frac{\delta}{2s_1 m}(a_1 + a_3)\Big\} + \cos 2mt\Big\{\frac{\gamma}{s_1 m}\mathcal{B}_2 - \frac{\delta}{2s_1 m}(b_1 - b_3)\Big\}$$

$$+ \sin 4mt\Big\{\frac{\gamma}{s_1 m}\mathcal{A}_4 - \frac{\delta}{2s_1 m}(a_3 + a_5)\Big\} + \cos 4mt\Big\{\frac{\gamma}{s_1 m}\mathcal{B}_4 - \frac{\delta}{2sim}(b_3 - b_5)\Big\} \qquad \text{(V)}$$

Ces équations III, IV et V, dans leur ensemble, donnent la solution de notre problème ; à première vue, leur composition compliquée semble les rendre inutilisables en pratique. Mais un exemple numérique que nous allons développer démontrera comment les équations se simplifient dès qu'on remplace les expressions algébriques par leur valeur numérique, de sorte qu'il deviendra évident que la difficulté du calcul ne s'oppose pas à l'emploi général des formules pour les besoins de l'étude et de la construction.

Nous nous proposons d'appliquer notre méthode au calcul d'un alternateur monophasé de 35 kilowatts de la Compagnie Internationale d'Électricité de Liège, dont les résultats expérimentaux comparés avec ceux du calcul donneront une idée de l'exactitude de ce dernier.

Les principales données de cette machine sont les suivantes :

Tension normale aux bornes, 250 volts ; débit normal, 140 ampères ; vitesse normale, 750 rév. à la minute ; nombre de pôles, 8 ; largeur fer et papier, 28 cm ; pas des pôles, 20,4 cm ; arc polaire 13,5 cm ; longueur de l'entrefer, $2 \times 4{,}5$ mm ; nombre de fils par encoche $s_2 = 4$; nombre de fils par bobine inductrice, $s_1 = 600$; résistance de l'induit, 0,022 ohm ; résistance du circuit inducteur, 9,6 ohms.

La caractéristique à circuit ouvert est tracée dans la figure 1, courbe n° I. Nous séparons par la ligne droite II l'excitation nécessaire pour l'entrefer de celle nécessaire pour le fer. Nous voyons

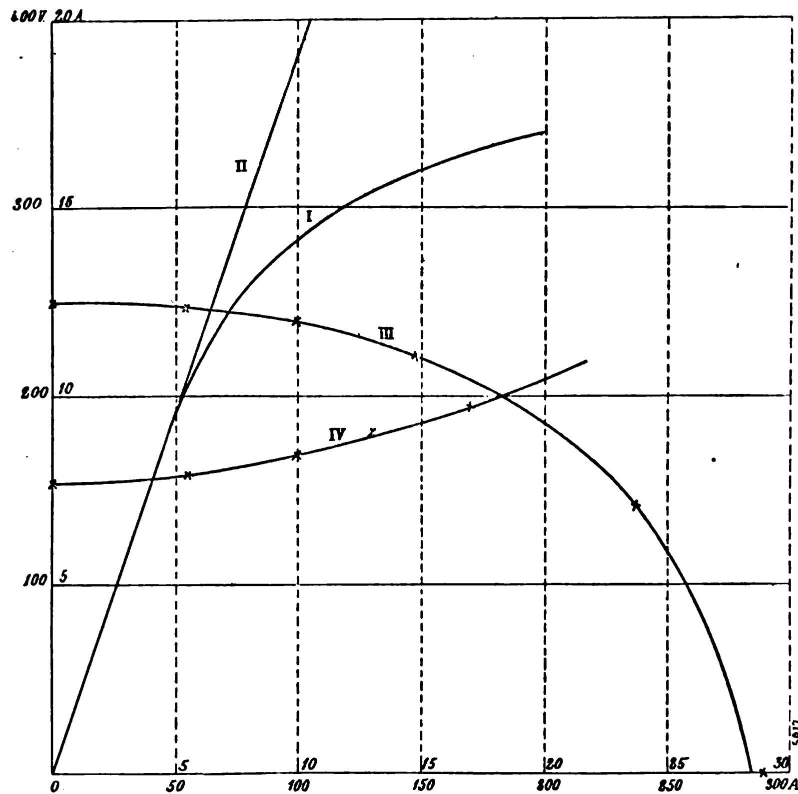


Fig. 1.

qu'à 250 volts, l'entrefer exige un courant d'excitation de 6,65 ampères. De l'équation I, nous tirons pour $i = 0$.

$$\mathcal{E} = -\frac{4\pi}{r} s_2.15,26.m.s_1 \vartheta \sin mt$$

donc

$$10^8.88,4 = \frac{12,56}{r} 4.15,26.314.600.0,665$$

et

$$r = 0,1085.$$

Le calcul direct avec les dimensions de la machine donne, puisque le pas des dents est de 34 mm, et la largeur de la fente des encoches demi-ouvertes 9 mm,

$$r = \frac{0,9}{28 \frac{1}{2} (34 + 25)} = 0,1088.$$

Nous adoptons la valeur de $r = 0,1085$.

La forme des pièces polaires, des pôles et de la jante de l'inducteur est telle que le flux de dispersion à circuit ouvert peut être estimé à 25 p. 100 du flux utile. D'après nos définitions, nous avons

$$\tau_1 = 1,21 \text{ tiré du rapport } \frac{4.85 + \tau_1}{4,85} = 1,25.$$

En calculant la réluctance du circuit de la dispersion de l'induit, en tenant compte de la forme de l'encoche et de la longueur du fil hors de la largeur, fer et papier, nous trouvons

$$\tau_2 = 0,312.$$

Cette grandeur augmente la valeur de $m\beta$ dans le rapport de $\frac{58,5}{56}$. On voit donc que la détermination de τ_2 n'exige pas une exactitude trop grande, une erreur de 50 p. 100 ne causerait qu'une erreur de 2,5 p. 100 dans la valeur de $m\beta$.

Les constantes de la dynamo se calculent maintenant avec ces valeurs comme il suit :

$$m\alpha = \frac{4\pi}{r}.\, s_1 s_2.\, 15,26.314 = 13,3.10^9$$

$$m\beta = \frac{4\pi}{r}.\, s_2^2\,(56 + 2,5).\, 3,14 = 0,338.10^9$$

$$m\gamma = \frac{4\pi}{r}.\, s_1^2\,(4,85 + 1,21).\, 314 = 790.10^9$$

$$m\delta = \frac{4\pi}{r}.\, 16,4.\, s_1 s_2.\, 314 = 14,25.10^9.$$

Au régime normal de la machine, la résistance totale du circuit de l'induit est de 1,8 ohm, donc $r = 0,45$ par circuit magnétique. En introduisant ces valeurs numériques dans les équations IV, nous avons :

$$\mathcal{A}_2\,(0,0253 + 1,42 + 1,1) + \mathcal{B}_2\,(-16,65 + 1,065 + 2,47) + \mathcal{A}_4.1,1 + \mathcal{B}_4.2,47 = -1,065\,\mathcal{B}_0$$
$$-\mathcal{A}_2\,(-16,65 + 1,065 + 2,47) + \mathcal{B}_2\,(0,0253 + 1,42 + 1,1) - \mathcal{A}_4.2,47 + \mathcal{B}_4.1,1 = -1,42\,\mathcal{B}_0$$
$$\mathcal{A}_2.\,1,1 + \mathcal{B}_2.2,47 + \mathcal{A}_4\,(0,0126 + 1,1 + 0,735) + \mathcal{B}_4\,(-16,65 + 2,47 + 2,7) = 0$$
$$-\mathcal{A}_2\,2,47 + \mathcal{B}_2.1,1 - \mathcal{A}_4\,(-16,65 + 2,47 + 2,7) + \mathcal{B}_4\,(0,0126 + 1,1 + 0,735) = 0.$$

Des deux dernières équations, nous tirons :

$$\mathcal{A}_4 = 0,1945\,\mathcal{A}_2 - 0,130\,\mathcal{B}_2 \qquad \mathcal{B}_4 = 0,130\,\mathcal{A}_2 + 0,1945\,\mathcal{B}_2.$$

Les deux premières se transforment alors en

$$\mathcal{A}_2.\,3,08 - \mathcal{B}_2.\,12,78 = -1,065\,\mathcal{B}_0$$
$$\mathcal{A}_2.\,12,78 + \mathcal{B}_2.\,3,08 = -1,42\,\mathcal{B}_0.$$

ce qui nous donne

$$\mathcal{A}_2 = -0,124\,\mathcal{B}_0; \qquad \mathcal{B}_2 = +0,0602\,\mathcal{B}_0$$
$$\mathcal{A}_4 = -0,031\,\mathcal{B}_0; \qquad \mathcal{B}_4 = -0,057\,\mathcal{B}_0.$$

Finalement, nous déterminons avec l'équation III

$$a_1 = -10,8\,\mathcal{B}_0 \qquad b_1 = +6,3\,\mathcal{B}_0$$
$$a_3 = -2,9\,\mathcal{B}_0 \qquad b_3 = -0,635\,\mathcal{B}_0$$
$$a_5 = -0,541\,\mathcal{B}_0 \qquad b_5 = -0,256\,\mathcal{B}_0$$

donc

$$i_{eff} = \sqrt{\frac{1}{2}\,(a^2_1 + b^2_1 + a^2_3 + b^2_3 + a^2_5 + b^2_5)} = 9,1\,\mathcal{B}_0$$

et

$$\mathcal{E}_{eff} = r.i_{eff} = 16,4\,\mathcal{B}_0.$$

Le flux total de l'inducteur sera, d'après la formule V,

$$\frac{\mathcal{N}_1}{\mathcal{B}_0} = (2,09 - 0,238) + \sin 2mt\,(-0,518 + 0,518) + \cos 2mt\,(+0,224 - 0,214) + \sin 4mt\,(-0,13 + 0,1303) + \cos 4mt\,(-0,0239 + 0,034)$$

$$\frac{\mathcal{N}_1}{\mathcal{B}_0} = 1,85 + \sin 2mt.\,0,000 + \cos 2mt.\,0,01 + \sin 4mt.\,0,0005 + \cos 4mt.\,0,0198.$$

****

Ces chiffres prouvent par leur valeur numérique que les fluctuations du flux total sont très minimes. Nous ne pouvons d'ailleurs prétendre qu'ils sont rigoureusement exacts, parce qu'ils sont obtenus comme différence de deux chiffres sensiblement égaux. Nous pouvons donc pratiquement écrire :

$$\mathcal{N}_1 = \left(\frac{\Upsilon}{ms_1}\frac{\mathfrak{B}_0}{2} - \frac{\delta}{2ms_1}b_1\right).$$

A circuit ouvert, nous avons 250 volts aux bornes avec un courant d'excitation de 7,5 ampères, dont 6,65 ampères pour l'entrefer, et 0,85 ampère pour le fer.

$$\mathfrak{B}_0 = 2 \times 0{,}665 \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{B}_1 = 2 \times 0{,}085, \qquad \mathcal{N}_1 = 2{,}78.10^5.$$

Nous chargeons sur une résistance de 1,8 ohm, sans rien changer au courant d'excitation. Si $\mathfrak{B}_0 = 2 \times 0{,}665$ ne changeait pas, nous aurions :

$$\mathcal{E} = 218 \text{ volts}; \qquad i = 121 \text{ amp.} \qquad \mathcal{N}_1 = 2{,}46.10^5.$$

Or, à ce flux, correspond à vide une tension de 221 volts et, en nous référant à la caractéristique, nous remarquons que, pour ce voltage, le courant d'excitation pour le fer est de 0,3 ampère. Du total de l'excitation, une partie égale à 0,55 ampère, qui est devenue disponible, vient renforcer l'excitation de l'entrefer. Il s'établira un état dans lequel le courant total d'excitation est divisé en deux parties ; l'une d'elles engendre dans l'entrefer un flux de telle grandeur, que la seconde partie du courant soit justement suffisante et nécessaire pour faire traverser ce flux par le fer. Nous aurons en effet :

$$\mathfrak{B}'_0 = 2 \times 0{,}703. \qquad \mathcal{E}' = 230{,}8 \text{ volts}, \qquad i = 128 \text{ amp.} \qquad \mathcal{N}'_1 = 2{,}60.10^5.$$

Pour ce flux, nous trouvons de la courbe I, $\mathfrak{B}_1' = 2 \times 0{,}047$ et nous avons

$$\frac{\mathfrak{B}'_0 - \mathfrak{B}'_1}{2} = 0{,}703 + 0{,}047 = 0{,}75.$$

La détermination de l'excitation nécessaire pour un voltage voulu est plus directe que celle de la chute de tension.

Pour avoir 253 volts aux bornes avec un courant de 142 ampères, nous devons induire une force électromotrice de $253 + 0{,}022 . 142 = 256$ volts. Donc, nous devons avoir :

$$\mathfrak{B}_0 = 2 \times 7{,}8; \qquad \mathcal{N}_1 = 2{,}89.10^5.$$

Pour ce flux, nous trouvons de la caractéristique : $\mathfrak{B}_1 = 2 \times 1{,}25$. Donc, l'excitation nécessaire est :

$$\frac{\mathfrak{B}_0 + \mathfrak{B}_1}{2} = 9{,}05 \text{ amp.}$$

Ces raisonnements mettent bien en évidence l'influence importante de deux facteurs : la saturation du fer inducteur et la self-induction.

L'excitation employée pour l'aimantation du fer fonctionne comme tampon ; quand on met la dynamo en charge, elle diminue donc la chute de tension.

Sans cet effet, nous aurions dans notre exemple une chute de tension de

$$\frac{250 - 218}{250} 100 = 12{,}8 \text{ p. } 100.$$

Nous puisons, de la réserve que nous avons dans le fer, une excitation qui réduit cette chute de tension à

$$\frac{250 - 230{,}8}{250} = 7{,}7 \text{ p. } 100.$$

Si la saturation du fer est un avantage incontesté pour le réglage automatique d'une généra-

trice, la dispersion est, au contraire, non seulement nuisible, puisqu'elle agit en sens inverse, mais elle peut devenir funeste dès qu'il s'agit de ramener le voltage à sa valeur normale. Le flux de dispersion est proportionnel à $\mathcal{B}_0$; il augmente donc avec la charge, puisque $\mathcal{B}_0$ doit être majoré pour la compensation de la réaction. Cette augmentation de la dispersion peut amener dans l'inducteur une saturation telle que l'excitation devienne insuffisante.

Dans notre exemple, nous avons pour un voltage de 256 volts

$$\text{à vide } \mathcal{N}_1 = 2{,}848.10^5, \quad \text{en charge } \mathcal{N}_1 = 2{,}89.10^5$$

ce qui correspond à une augmentation de 1,5 p. 100 [1].

Nous avons fait le calcul, que nous venons de démontrer, pour différentes valeurs de ρ et tracé les résultats obtenus dans les courbes III et IV de la figure 1. Les valeurs relevées expérimentalement sont indiquées par des croix. La courbe donnant l'excitation en fonction de la charge a été calculée pour 253 volts parce que l'essai a été fait avec cette valeur. Avec les fortes charges, la vitesse marquait une légère diminution, d'environ 1 à 1,5 p. 100.

La position de ces croix dans nos courbes calculées fait bien voir que notre calcul est pratiquement exact.

Notre principal problème, la détermination de la chute de tension et de l'excitation en charge, peut donc être considéré comme résolu.

Pour démontrer que nos déductions nous donnent en surplus des informations précieuses sur les phénomènes secondaires dans les alternateurs, nous avons représenté graphiquement quelques résultats obtenus (fig. 2).

Les courbes I, II et la ligne III représentent respectivement le courant de l'induit i, le courant de l'excitation $\mathfrak{I}$ et $\frac{\mathcal{B}_0}{2}$ en fonction du temps pour la charge normale sur résistance. On y reconnaît facilement comment les fluctuations du courant de l'inducteur suivent le courant de l'induit tout en étant influencées par leur position relative. Le courant d'excitation dépasse sa valeur moyenne de 26 p. 100, et s'abaisse en dessous de cette moyenne de 30 p. 100. Le rapport de ses valeurs maxima et minima est donc 1,8.

Une question des plus importantes se soulève pendant l'étude de ces machines. Quelle est l'intensité du flux sortant d'un pôle aux différents endroits de l'entrefer et dans quelles proportions varie-t-elle ? Car ce sont ces variations qui tendent à échauffer les pièces polaires et noyaux, et augmentent les pertes dans les dents de l'induit. L'équation

$$n_\alpha = \frac{4\pi}{r}\left\{1{,}18\, s_1\mathfrak{I}\sin(mt-\alpha) + 0{,}22\, s_1\mathfrak{I}\sin 3(mt-\alpha) + 0{,}04\, s_1\mathfrak{I}\sin 5(mt-\alpha) + 4{,}3\, s_2 i \sin\alpha\right\}$$

nous donne la variation de l'induction le long de l'induit. En transformant la fonction α qui est coordonnée à un axe fixe dans l'espace sur un axe tournant en posant $\alpha = (mt - \alpha')$, où α' est l'ordonnée d'un point quelconque de l'inducteur et en introduisant les fonctions de i et $\mathfrak{I}$ dans l'égalité transformée, nous trouvons finalement :

$$n_{\alpha'} = \mathcal{B}_0\varphi_2(\alpha')\sin 2mt + \mathcal{B}_0\varphi_4(\alpha')\sin 4mt + \mathcal{B}_0\psi_0(\alpha') + \mathcal{B}_0\psi_2(\alpha')\cos 2mt + \mathcal{B}_0\psi_4(\alpha')\cos 4mt.$$

Les fonctions de α' de cette égalité sont représentées graphiquement par les courbes IV, $\Psi_0(\alpha')$; V, $\varphi_2(\alpha')$; VI, $\Psi_2(\alpha')$; VII, $\varphi_4(\alpha')$; VIII, $\Psi_4(\alpha')$.

La fonction Ψ_0 montre la distortion du flux qui est un fait caractéristique de toutes les génératrices, diminution de l'intensité à la corne d'entrée et augmentation à la corne de sortie. Mais

---

[1] L'effet de la saturation du fer inducteur et de la dispersion a été discutée dans tous ses détails par l'auteur dans une publication de l'année 1900, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1900, p. 747. *Éclairage Électrique*, t. XXVI, p. 18. Puisqu'il ne connaît pas de publication antérieure donnant à ces phénomènes l'importance qu'ils ont et que ce n'est que plus tard que plusieurs écrivains en tiennent spécialement compte, l'auteur se croit en droit d'en revendiquer la priorité de publication.

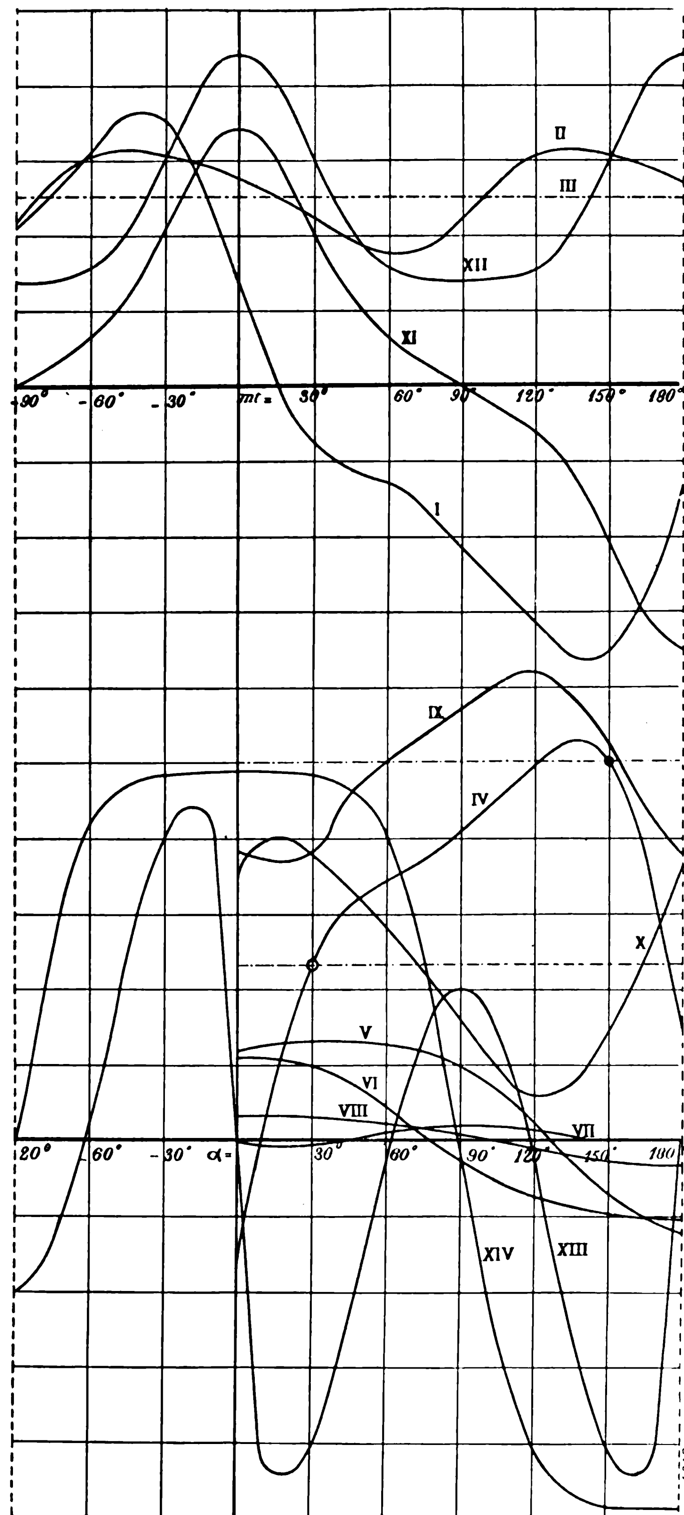


Fig. 2.

cette distribution du flux n'est pas constante, l'intensité varie avec le temps et nous remarquons que, si les fluctuations à quadruple fréquence sont relativement petites, celles des secondes harmoniques atteignent des valeurs considérables.

Les courbes IX et X montrent les variations de l'induction aux deux cornes de la pièce polaire. Les lignes pointillées correspondent à la valeur moyenne. On reconnaît que les fluctuations sont importantes. Les deux valeurs maxima des deux cornes sont dans le rapport de 123 à 80 et le rapport $\frac{\text{valeur maxima}}{\text{valeur minima}}$ est 1,67 pour la corne de droite et 7,0 pour la corne de gauche.

On a toujours attribué une importance spéciale aux résultats obtenus au court-circuit des machines. Le calcul nous donne :

$$\mathcal{A}_2 = 0 \quad \mathfrak{B}_2 = 0{,}299\,\mathfrak{B}_0;$$
$$\mathcal{A}_4 = 0 \quad \mathfrak{B} = 0{,}0835\,\mathfrak{B}_0$$
$$a_1 = 0 \quad b_1 = 25{,}6\,\mathfrak{B}_0;$$
$$a_3 = 0;$$
$$b_3 = 7{,}5\,\mathfrak{B}_0;$$
$$a_3 = 0 \quad b_5 = 1{,}62\,\mathfrak{B}_0$$
$$i_{eff} = 18{,}9\,\mathfrak{B}_0$$
$$\mathcal{E} = 0$$
$$\mathcal{N}_1 = 1{,}1\,\mathfrak{B}_0$$

Les courbes XI et XII représentent le courant de l'induit et le courant d'excitation. Le rapport entre les valeurs momentanées des deux fonctions, comme il doit exister d'après les lois physiques, est encore mieux mis en évidence, que dans les courbes respectives de la charge normale.

Un chiffre du calcul nous a étonné au premier moment : la valeur $\mathcal{N}_1 = 1{,}1\,\mathfrak{B}_0$. Nous avons, en effet, à vide $\mathcal{N}_1 = 2{,}09\,\mathfrak{B}_0$. En court-circuit de la dynamo, le flux total de l'inducteur serait encore plus que la moitié du flux total à circuit ouvert ? Nous avons pourtant, à égale excitation $\mathfrak{B}_0$, le même flux de dispersion, et on devrait croire que le flux entrant dans l'induit doit être nul, puisque la force électromotrice induite est zéro. Or, les courbes XIII et XIV montrent

ce qui se passe dans ces dynamos. Au moment $mt = 0$, le courant de l'induit et le courant de l'inducteur ont leur valeur maxima. L'inducteur est dans sa position symétrique aux fils négatifs et positifs de l'induit. La réaction a sa valeur maxima, la dispersion également. Nous avons, à circuit ouvert, $n_s = 0{,}42\ \mathfrak{B}_0$ ou $n_s = 0{,}84\ \mathfrak{I}$. La valeur momentanée de la dispersion est donc, puisque $\mathfrak{I} = 0{,}8815\ \mathfrak{B}_0$, égale à $n_s = 0{,}74.10^5.\mathfrak{B}_0$.

Le flux entrant dans l'induit doit donc être $\mathfrak{N}_2 = \mathfrak{N} - n_s = 0{,}36.10^5$.

Si on évalue l'aire de la courbe n° XIII ; on trouve en effet 36 cm², ce qui correspond, comme l'échelle est 1 cm² $= 10^3$ lignes de forces magnétiques, à un flux de $0{,}36.10^5$. La répartition du flux du pôle négatif, qui est représentée, montre que le flux de l'induit est la somme de deux valeurs inégales et de signes contraires. Ces deux flux embrassent des nombres différents de fils induits, de sorte que la somme des forces électromotrices induites est quand même nulle.

Au moment $mt = \frac{\pi}{2}$ nous avons :

$$i = 0, \qquad \mathfrak{I} = 0{,}282\,\mathfrak{B}_0, \qquad n_0 = 0{,}237.10.^5\mathfrak{B}_0\,;$$

L'aire de la courbe XIV, qui représente la répartition du flux à ce moment, est 91 cm². Le flux total qui en résulterait est $n_1 = 0{,}237 + 0{,}91 = 1.147.10^5$.

Cette valeur diffère de la valeur moyenne trouvée par l'équation abrégée du flux. Cette différence est en partie une suite de l'inexactitude du dessin, en partie elle provient de ce que le flux est en réalité oscillant et qu'il doit avoir en ce moment sa valeur maxima.

Observations critiques et conclusion. — Dans ce qui précède nous avons développé une théorie de la génératrice à courant alternatif et prouvé, par un exemple numérique, que les résultats obtenus par le calcul avec les formules de cette théorie concordent très bien avec les lectures relevées expérimentalement. Ce fait est déjà une certaine garantie pour l'exactitude des déductions analytiques et de la mise en équation des phénomènes physiques. Mais ce qui à notre avis vaut bien plus, c'est que notre calcul peut être soumis à la critique la plus minutieuse. Récapitulons la marche de notre calcul et arrêtons-nous à toutes les suppositions et concessions faites pour pouvoir exprimer les phénomènes physiques par des équations.

Nous avons en premier lieu admis que la réluctance spécifique r de l'entrefer est constante sur toute la périphérie de la machine. Cette conception suppose que l'espace compris entre la surface cylindrique de l'induit et celle décrite par les génératrices de pièces polaires est le champ d'action et réaction des deux forces magnétisantes. Pour la partie située sous les pièces polaires cette hypothèse est exacte tant que la saturation n'est pas très grande, ce qui est généralement le cas. Pour la partie comprise entre les pièces polaires nous commettons une erreur dont la grandeur dépend principalement du rapport de la longueur de l'entrefer au pas des dents; elle diminuera avec l'augmentation de la longueur de l'entrefer. L'erreur est en tous cas très petite parce que cette région ne sert qu'au transfert d'une minime partie de l'énergie tolale; nous ne nous sommes donc pas écarté sensiblement de la réalité en établissant la base de nos déductions.

Nous n'avons pas tenu compte de l'effet connu de la saturation des dents.

Or, pour éviter un échauffement trop grand, les inductions moyennes admises sont si petites que la force magnétisante pour les dents est en tout moment insignifiante par rapport à celle de l'entrefer. Il suffit donc généralement de les introduire dans le calcul avec une valeur moyenne en commun avec les autres parties « fer » du circuit magnétique. Dans des cas particuliers rien n'empêche d'introduire dans nos équations primitives un r fonction du flux élémentaire n.

Nous avons supposé pour la détermination du flux inducteur total que la réaction de l'induit est une fonction sinusoïdale de l'angle α.

En réalité les fils induits ne sont pas répartis uniformément sur l'étendue d'un pôle. De ce chef la réaction devrait varier brusquement si la dispersion de l'induit n'atténuait pas considérablement pareil changement, ce qui nous autorise de substituer la forme sinusoïdale choisie.

L'effet de la dispersion proprement dite est petite comme nous l'avons démontré. Le calcul de ce coefficient n'est d'ailleurs pas le but de la présente étude.

La dispersion primaire est au contraire d'une grande importance. Nous avons estimé sa valeur en nous référant aux nombreux résultats d'essais qui ont été effectués pour la détermination de ce facteur. Son évaluation analytique n'est également pas l'objet de ce travail.

Enfin nous avons négligé les harmoniques supérieures. La petite valeur des dernières que nous avons prises en considération montre suffisamment que nous en avons le droit.

Nous pouvons donc prétendre avec juste raison que nos déductions ne sont pas seulement une méthode de solution du problème posé, mais qu'elles en sont la solution, parce qu'elles sont basées uniquement sur les lois fondamentales et développées mathématiquement en concordance avec les phénomènes physiques. Nous constatons en première ligne comme avantage considérable l'absence de toute constante non déterminée directement par les dimensions de la machine.

Nous verrons prochainement les résultats qu'on obtient par l'application des mêmes raisonnements aux génératrices à courants triphasés.

Ch. Westphal,
Ingénieur en chef de la Compagnie Internationale d'Électricité à Liège.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 15 juillet 1902.

Préparation d'un silicium de vanadium, par **H. Moissan** et **Holl**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 78-82.

En chauffant au four électrique l'acide vanadique avec des proportions variables de silicium les auteurs ont reconnu qu'il se forme différents siliciures. Le siliciure VSi^2 a été tout d'abord l'objet de leurs investigations.

Pour l'obtenir, ils ont chauffé de l'oxyde vanadique V^2O^3 avec plus de cinq fois son poids de silicium ; dans ces conditions, il reste dans le bain en fusion un excès de silicium et il ne se produit que le composé VSi^2 à l'état cristallisé. Dans les premiers essais, ils employaient un courant de 600 ampères sous 50 volts ; la chauffe durait 4 à 5 minutes et était assez difficile à conduire, à cause de la grande volatilité des composés du vanadium ; ils préférèrent employer 1 000 ampères sous 50 volts. Ils ont pu obtenir le même composé en réduisant, suivant le procédé Goldschmidt, un mélange de silicium et d'acide vanadique par le magnésium en poudre.

Les propriétés et les analyses ayant servi à faire la composition du silicium sont ensuite décrites dans la note des auteurs.

Résistivités électriques de sérums sanguins pathologiques et d'épanchements séreux chez l'homme, par **Lesage** et **Dongier**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, 111-113.

Dans une note présentée à la séance du 14 avril, les auteurs annonçaient que la résistivité électrique du sérum humain normal est comprise entre 100 et 103 ohms : cm, à la température de 16°7. Dans celles-ci, ils font connaître les résultats des mesures faites sur des sérums pathologiques et sur des épanchements des séreuses.

Ils ont reconnu que dans la plupart des maladies infectieuses ou chroniques, la résistivité du sérum n'est pas sensiblement modifiée, tandis que l'urémie et surtout la fièvre typhoïde produisent une augmentation très nette de cette résistivité (113 ohms : cm en crise d'urémie ; 109 ohms : cm dans la fièvre typhoïde bénigne ; 112 à 118 ohms: cm dans la fièvre typhoïde grave).

La résistivité des liquides séreux dépend de leur nature ; elle est comprise entre 80 et 120 ohms : cm.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Séance du 20 juin 1902.

M. **A. Lencauchez** fait une communication sur ***les gaz des gazogènes des hauts fourneaux***.

Rappelant que, dès 1874, il a proclamé que le haut fourneau est le meilleur gazogène, il fait remarquer que tout ce qu'il dira du gazogène s'applique au haut fourneau.

Deux types de gazogènes sont actuellement en usage : les gazogènes à grille inclinée et les gazogènes à cuve cylindrique verticale. Dans ces derniers, il convient de n'employer que des houilles non collantes afin d'éviter la formation des voûtes de coke empêchant la descente du combustible. Les houilles anglaises à un tiers de matières volatiles conviennent le mieux; les houilles maigres françaises et les poussiers ont l'inconvénient de se tasser et de devenir impénétrables au vent.

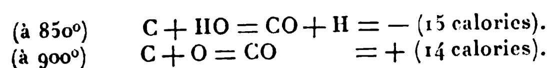
Le conférencier examine ensuite les conditions de marche des gazogènes; voici ce qu'il dit à ce sujet d'après le compte-rendu officiel de la séance :

L'injection de vapeur dans le gazogène donne généralement des avantages : réduction de la température, cendres moins fusibles, pas de mâchefer. Mais il ne faut pas faire de règle générale, tout dépend de la composition des cendres, d'où dépend la proportion de vapeur à injecter.

Lorsqu'un gazogène a une combustion anticipée et une température trop élevée, le jet de gaz présente à la vue un cône rouge dans le cône de gaz d'échappement. Dans ce cas la marche est mauvaise, le rendement du gazogène détestable.

En bonne marche, l'échappement de gaz est froid. Avec de l'anthracite, la température du gaz est 330°, inférieure à la fusion du plomb. Le combustible dans le gazogène paraît noir avec des taches rouge sombre. Les récupérateurs ou vaporisateurs n'utilisent pas beaucoup de chaleur des gaz sortant d'un gazogène bien mené, vu leur température peu élevée.

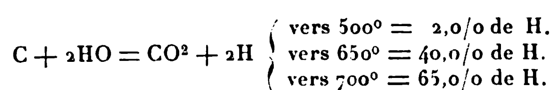
Il y a deux types de gaz à l'eau, qui se forment : savoir :


(à 850°) $C + HO = CO + H = -$ (15 calories).
(à 900°) $C + O = CO \quad = +$ (14 calories).

Ceci est théorique, car le gazogène donne toujours au moins 2 à 3 p. 100 d'anhydride carbonique.

On peut arriver sensiblement à brûler une moitié du combustible par l'eau, et l'autre moitié par l'air.

Mais on obtient aussi :


$C + 2HO = CO^2 + 2H$ { vers 500° = 2,0/0 de H. ; vers 650° = 40,0/0 de H. ; vers 700° = 65,0/0 de H. }

Pour les moteurs à gaz, ceci a son importance, car il y a toujours des irrégularités de marche du gazogène, ne serait-ce que par les éboulements de la masse incandescente, et les gaz n'ont jamais une composition constante. Le pouvoir calorifique peut varier de 1 200 à 1 500 calories, trois fois par heure, chaque fois qu'on charge. L'emploi de la vapeur donne un gaz bien plus régulier : Mond emploie 2,5 kg d'eau par kilogramme de houille et son gaz a gagné près de 20 calories de puissance calorifique par rapport aux gazogènes antérieurs.

Il y a, en outre, intérêt à avoir une production d'anhydride carbonique par l'emploi de la vapeur d'eau, plutôt que par l'action de l'air, qui amène avec lui quatre volumes d'azote inerte.

Il vaut mieux surchauffer la vapeur à 250°. Avec du coke qui ne donnerait que du gaz à 950 calories à sec, l'emploi de la vapeur d'eau donne 1 400 calories et elle produit un gaz plus froid et plus riche.

Les goudrons de gazogène ont beaucoup surpris, il y a deux ans, un grand nombre de praticiens. Ils contiennent la cendre, et la poussière du charbon, entraînées par les ventilateurs, agglomérées par les parties lourdes du goudron. Il se forme alors des incrustations, même dans l'eau des laveurs; elles sont aussi dures que celles des chaudières à vapeur.

Dans la colonne de condensation, il se dépose généralement 95 p. 100 du goudron avec une houille ordinaire. La condensation par jeu d'orgue, soit à sec, ne donne rien. L'orateur cite le cas d'un jeu d'orgue de 60 m² de surface, à Lille, un jour où il gelait, et qui ne condensait pas une trace de goudron. Au contraire, on peut se débarraser du goudron par des lavages à l'eau chaude.

La cendre entraînée peut contenir jusqu'à 35 p. 100 de monosulfure de fer. Pour faire de l'acier, avec les gaz, il faut donc bien les épurer.

Le gaz entraîne jusqu'à 100 gr de poussière de haut fourneau ; il en laisse 97 gr dans les chambres de dépôt par mètre cube ramené à 0°,

et à 760 ; les 3 p. 100 qui restent s'appellent le sublimé.

Ce sublimé contient : magnésie, chaux, potasse, soude, plomb, zinc, cadmium, oxyde de fer. Il est onctueux, blanc et échappe aux lavages à l'eau, ou bien alors il faut cinquante lavages successifs. L'eau le mouille difficilement. Il a fallu jusqu'à 25 litres d'eau par mètre cube pour une épuration passable. Avec des ventilateurs donnant une pression de 25 cm d'eau, la vitesse de l'eau est de 60 m à la seconde, équivalant à une charge de 180 m de hauteur, et le contact de l'eau est assez violent pour mouiller le sublimé. On ne consomme alors que 2 litres par mètre cube.

Les soupapes des moteurs à gaz se collent souvent par les goudrons. Certains charbons de la même mine en donnent, alors que la veille la même provenance n'en donnait pas.

Les anthracites ne donnent guère que 3 kgr de goudron par wagon de 10 tonnes. Cela suffit pourtant pour arrêter un moteur. L'orateur a combattu ce goudron avec un graisseur de locomotive, chargé de pétrole, devenant ainsi un dégoudronneur.

On a quelquefois à épurer jusqu'à 50 m^3 de gaz de hauts fourneaux à la seconde ; on utilise alors des tuyaux de 2,50 m de diamètre. Pour économiser l'eau, il faut des bassins de décantation et de refroidissement.

L'orateur rappelle la dissociation des goudrons obtenue en les faisant passer sur des matières poreuses chauffées à 800° : les gaz sortent alors complètement épurés.

Il rappelle le gazogène d'Ebelmann à deux combustibles, de 1,80 m de hauteur, qui brûlait 176 kgr de bois en dix heures et 15 kgr de charbon de bois. Ebelmann insistait sur la destruction complète des goudrons.

En terminant, l'orateur parle du *moteur à combustion*. Il n'a pas réussi. Cependant, on lui avait trouvé au frein une consommation de 800 gr d'anthracite par cheval et par heure. Puis on eut l'idée de mettre le gazogène sous la pression à laquelle il fallait que le mélange explosif soit comprimé. Le moteur a marché trois mois, puis a grippé, les poussières l'ont détruit. Mais, auparavant, il marchait très bien. Si donc on avait enlevé les poussières, le moteur eût été très intéressant.

L'orateur montre ensuite une série de projections de gazogènes, de laveurs, épurateurs, de récupérateurs.

Dans la discussion qui suit cette communication, M. Chavanon dit qu'il a expérimenté deux types du gazogène à cuve renversée, d'environ 100 chevaux. Comme il donna satisfaction, il fut remplacé par un autre de 250 chevaux. Ce dernier fut muni d'un dégrilleur automatique. Il fut essayé à la houille, et même à la houille grasse, mais on n'a pas encore les chiffres de consommation.

En chauffant au bois, on a obtenu le kilowatt-heure, avec 2 500 kgr de bois, tous déchets compris. M. Chavanon donne les chiffres d'analyse des gaz produits.

M. le Président dit que MM. Le Chatelier et Lodin, Ingénieurs en chef des Mines et Professeurs à l'École des Mines auxquels le travail de M. Lencauchez a été communiqué, ont remis deux notes écrites à ce sujet [1].

---

[1] M. H. Le Chatelier croit utile de faire quelques réserves au sujet de l'usage constant où l'on est, et auquel s'est conformé M. Lencauchez, de prendre le pouvoir calorifique au mètre cube d'un gaz de gazogène pour apprécier la bonne marche de l'appareil qui le produit.

En réalité, la grandeur qu'il est intéressant de considérer, n'est pas le pouvoir calorifique au mètre cube, mais le pouvoir calorifique rapporté au nombre de mètres cubes que fournit 1 kg de charbon.

Mais le rendement thermique n'est pas le seul point à envisager au point de vue de l'appréciation d'un gaz.

Dans le cas des moteurs, il y a une qualité d'une importance capitale, c'est la facile inflammation du gaz, et la rapidité de sa combustion.

Cette limite d'inflammabilité des gaz est une des grandeurs dont on doit se préoccuper pour estimer la qualité d'un gaz.

En résumé, M. Le Chatelier pense que, pour apprécier la qualité du gazogène, il ne suffit pas de connaître son pouvoir calorifique au mètre cube. On doit déterminer les deux grandeurs suivantes :

1° Le pouvoir calorifique rapporté au volume de gaz produit par 1 kg de combustible ;

2° L'écart entre la proportion du gaz donnant la limite d'inflammabilité et celle donnant la combustion complète.

Mais il ne faut pas oublier que ces deux déterminations présentent des difficultés sérieuses. La connaissance du volume de gaz produit par 1 kg de charbon et celle de la quantité d'air nécessaire pour la combustion complète nécessitent l'analyse du gaz, et ces analyses sont beaucoup plus délicates qu'on ne le croit communément. Il est très rare d'avoir une analyse exacte de gaz de gazogène ; le plus souvent, une partie de l'oxyde de car-

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Séance du 12 décembre 1901.

Sur les principes servant de base à la vente productive de l'électricité, par **A. Wright**, d'après *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXI, p. 444-486, numéro de mars 1902.

L'expérience a prouvé, maintenant que les stations centrales sont sorties de la période d'essai, que le chiffre des recettes, le nombre des lampes installées et le débit maximum annuel n'impliquent pas nécessairement le succès commercial des entreprises d'électricité. L'orateur croit le moment venu de rechercher les progrès à réaliser dans la vente d'énergie électrique et d'esquisser un type rationnel de tarif qui puisse s'appliquer à la grande majorité des consommateurs.

Cette question (1) est intimement liée à l'étude et à l'équipement des stations centrales, qui, pour avoir méconnu certains principes économiques, n'ont pu tirer le meilleur parti des machines et des systèmes de distribution les plus perfectionnés.

Il y a également un intérêt scientifique à déterminer les lois qui relient la réduction des dépenses à l'augmentation du coefficient d'utilisation (1) et de « répartition » et à l'accroissement de la puissance fournie, et à rechercher l'influence relative, sur la diminution des dépenses d'une part, de l'économie de la distribution, et,

---

bone est comptée comme méthane, ce qui augmente beaucoup les chaleurs de combustion calculées, car celle du méthane est le triple de l'oxyde de carbone.

M. Lodin étudie plus spécialement la question de la condensation des poussières, question qui commence à se poser aujourd'hui seulement dans l'industrie sidérurgique, mais qui a été soulevée depuis longtemps déjà, dans la métallurgie des métaux autres que le fer.

Il examine, à ce sujet, la façon d'opérer cette condensation dans la métallurgie du mercure, du plomb, de l'antimoine et du zinc, soit par circulation à sec dans un système de canaux et de chambres d'un développement suffisant, soit par entraînement par l'eau.

La pulvérisation d'eau par injection dans un ventilateur, par exemple, était utilisée à Pontgibaud dès 1850, pour la condensation des fumées plombeuses; elle l'a été à nouveau, en 1879, à Billancourt, pour la condensation des fumées antimoniales, et dans une usine de Lorraine pour la purification des gaz des hauts fourneaux.

L'abandon à peu près général de la condensation par voie humide, dans les usines à plomb, antimoine, etc., doit être attribué surtout à la destruction rapide des pièces métalliques et même des maçonneries, sous l'action simultanée de l'eau et de l'acide sulfureux qui existe presque toujours, en proportion variable, dans les gaz provenant des fours de ces usines. La même influence ne se fera pas sentir dans un milieu non oxydant, tel que le gaz des hauts fourneaux, mais on doit prévoir une usure active sous l'action des poussières un peu grossières, si celles-ci n'ont pas été préalablement séparées d'une manière complète par précipitation à sec.

Les résultats obtenus avec l'appareil Theisen ne sont pas très encourageants à ce double point de vue et imposent, par suite, une réserve toute spéciale.

M. Lodin signale également les inconvénients inhérents à la mise en dépression accentuée d'une section importante de la conduite de gaz combustible et les risques d'explosion résultant de cette situation. Il est à craindre que les dispositions ingénieuses proposées par M. Lencauchez n'y remédient qu'imparfaitement.

M. Lencauchez dit que le rendement thermique des combustibles en gaz de gazogènes se trouve indiqué dans ses ouvrages de 1876 et dans ses mémoires à la Société des Ingénieurs civils de France de 1887, 1891, 1893 et 1899 : dans ce dernier, se trouvent deux diagrammes donnant un graphique justifiant les idées de M. Le Chatelier.

En ce qui concerne ce que dit M. Lodin pour toutes les autres métallurgies que celle du fer, M. Lencauchez croit devoir ajouter qu'avec les chambres et les empilages en grès cimenté, lié et maçonné au mortier de goudron, on fait de la construction qui résiste très bien aux acides. L'exemple de M. Mond le prouve bien. A Berlin, il y a une fabrique de ventilateurs en porcelaine, qui donne de très bons résultats. Il en est de même dans bien des usines de produits chimiques, etc.

Quant à l'usure des ventilateurs-laveurs et aux dangers d'explosion, ni l'une ni l'autre ne sont à redouter, d'après M. Lencauchez; l'exemple de l'usine de Saint-Denis de la Compagnie Française des Métaux, est là depuis dix-huit ans pour faire voir que, comme dans les usines à gaz d'éclairage, les explosions ne sont jamais à craindre, avec des régulateurs d'émission tels que ceux préconisés par M. Lencauchez.

(1) Rappelons que cette question a été déjà traitée très complètement ici par M. Pellissier, t. XII, p. 537 et t. XVII, p. 368.

(2) L'influence de l'augmentation du coefficient d'utilisation sur la réduction des dépenses a été démontrée à Brighton, où ce coefficient est monté de 11 à 17,75 p. 100 pendant les huit dernières années. L'économie qu'on aurait réalisée, si ce facteur avait eu dès le début sa récente valeur, est bien supérieure à la dépense totale actuelle de combustible, de magasinage, de réparations et de salaires.

L'auteur s'élève contre la tendance à installer de petites stations pour alimenter les meilleurs quartiers, et pense que les conditions économiques sont telles qu'il est bien plus avantageux de prévoir la fourniture totale de l'éclairage artificiel domestique dans une ville, à condition d'adopter un tarif basé sur la dépense véritable de l'entreprise.

d'autre part, du choix des consommateurs.

Le développement futur des distributions est, d'ailleurs, évidemment lié à un abaissement du prix de vente compatible avec un bénéfice donné.

La confusion des idées actuelles justifie l'opportunité d'une semblable discussion (1) et l'auteur se propose de reprendre la question à l'origine, et d'examiner d'abord le prix de revient de l'énergie produite et distribuée dans différentes conditions. Il suivra, dans leurs lignes générales, les principes posés à ce sujet par Hopkinson et Kennedy, en tenant compte du facteur de « répartition » des consommateurs en différentes classes, et de l'importance de la demande totale. Dans cette détermination, une méthode relativement simple peut s'appliquer aux 90 p. 100 des consommateurs de la plupart des entreprises d'électricité, et le problème est déjà assez compliqué pour que l'on prenne comme base de la tarification les dépenses moyennes plutôt que des prix de revient individuels.

Les dépenses de fourniture de l'énergie électrique par une station centrale peuvent se diviser en deux groupes, que nous appellerons, avec l'auteur : A, dépenses de *préparation* ; B, dépenses de *production*.

Les dépenses de préparation comprennent : 1° les dépenses annuelles du capital initial nécessaire aux débuts de l'entreprise, que l'auteur appelle dépenses *préliminaires* ou de formation ; sans être liées à la consommation par des lois certaines, elles diminuent relativement quand l'énergie débitée augmente ; 2° les dépenses d'entretien ou de « maintien en état », qui varient grossièrement en même temps que la charge maxima ; 3° les dépenses de service (vérification, mesures et encaissements) grossièrement proportionnelles au nombre des consommateurs.

Les dépenses de production varient avec la quantité d'énergie distribuée ; on peut les définir, par unité vendue, l'accroissement de dépenses qui résulte, pour la station et la ligne, de la production d'une unité supplémentaire d'électricité ; elles comprennent : 1° la dépense de combustible par unité supplémentaire ; 2° la dépense de combustible nécessaire pour actionner les dynamos à vapeur pendant les heures supplémentaires ; 3° les dépenses supplémentaires d'eau et d'huile ; 4° de salaires, et 5° d'usure due à la durée supplémentaire de marche.

L'auteur, après avoir indiqué la manière de déterminer ces frais de production (1), conclut à

(1) L'auteur cite, à l'appui de son opinion, l'existence de 7 ou 8 bases de tarification dans une même distribution, avec la confusion qui en résulte : les faveurs faites aux consommateurs des heures de faible débit ; la vente au prix de revient à certains consommateurs, alors qu'on refuse la fourniture à d'autres avec un bénéfice de 50 à 100 p. 100 ; la diminution du prix initial de vente, dans une échelle décroissante ; l'hésitation à alimenter les quartiers populeux, les tarifications basées sur la consommation et non sur le coefficient d'utilisation ; l'emploi de tarifs de jour et de tarifs de nuit qui décourage le consommateur ; l'adoption d'un prix initial trop faible et sans tenir compte du coefficient d'utilisation de la station et du coût de l'énergie distribuée ; l'adoption d'un prix constant pour l'éclairage public sans tenir compte du nombre d'heures d'allumage ; la fixation à des prix uniformes trop bas ; enfin le souci de ne pas déplaire aux grands consommateurs de jour.

(1) Il considère, pour cette détermination, une station qui a atteint la période d'extension régulière où l'accroissement annuel de son matériel correspond à l'augmentation de la consommation.

Les quatre premières parties des dépenses de production peuvent être obtenues grossièrement en notant les dépenses correspondant, dans chaque catégorie, à deux périodes de durées égales, ayant à peu près la même charge maxima, mais différant considérablement quant à l'énergie vendue. La différence de ces deux dépenses divisée par la différence des unités vendues, donne les dépenses moyennes de production par unité vendue. Dans la plupart des villes, on peut trouver deux jours, l'un au printemps, l'autre, en automne, où ces conditions sont remplies.

Une méthode plus exacte consiste à tracer la courbe des dépenses mensuelles totales de charbon, d'accessoires et de main-d'œuvre, en fonction de l'énergie mensuelle vendue. En ne prenant qu'une demi-année la courbe obtenue est très sensiblement une droite ; le point où cette droite rencontre l'axe des dépenses (vente d'énergie = 0) donne l'ordonnée à l'origine qui représente les frais de préparation mensuels moyens pour ce semestre, comme charbon, fournitures et main-d'œuvre ; le coefficient angulaire de cette droite représente d'autre part les frais de production mensuels pour ces mêmes catégories de dépenses.

Les frais de réparations par unité supplémentaire, s'étendant à plusieurs années, sont estimés à part. Ces dépenses ne comprennent généralement que les frais de mise à neuf des parties usées par le fait de la production supplémentaire, distingués de la dépense nécessaire pour mettre la station en état de fournir cette production. Elles comprennent les travaux supplémentaires de nettoyage des chaudières, alésage des cylindres,

la faiblesse relative de ces frais par rapport aux frais de préparation.

Quoi qu'il en soit, en déduisant ces frais des charges totales, on obtient les dépenses de préparation. De ces dernières, on déduira les dépenses de service et les dépenses préliminaires, et il restera les dépenses totales d'entretien nécessaires pour maintenir le système en état de fournir l'énergie demandée à tout instant; divisées, à leur tour, par la moyenne de la charge maxima, pendant une demi-heure, des deux dernières années [1], elles donneront la dépense annuelle d'entretien par kilowatt demandé sur le réseau [2].

Dans les dépenses de préparation doivent figurer les charges du capital, c'est-à-dire le taux minimum usuel d'intérêt, plus les réserves destinées à la libération du capital ou au renouvellement du matériel. Un capitaliste sera justifié à dire qu'il a fait un mauvais placement, s'il ne retire pas au moins 3 p. 100 d'intérêt, 2,5 p. 100 pour rachat ou dépréciation du matériel, et 1,5 p. 100 pour le capital prêté en prévision des embarras du début.

réparation des pompes, des cuivres, des balais et collecteurs de dynamos ; l'auteur croit pouvoir les estimer avec suffisamment d'exactitude à la moitié des dépenses totales de réparation pendant les trois ou quatre dernières années divisées par le nombre d'unités vendues pendant cette période.

D'après l'expérience de l'auteur, les dépenses de charbon et d'eau sont seules accrues par la production supplémentaire dans une mesure appréciable : les dépenses d'accessoires, de main-d'œuvre et de réparation dépendant principalement du nombre d'appareils nécessaires pour fournir la charge maxima journalière, et non du nombre d'unités d'énergie produites. Hopkinson estimait la dépense de production à 3,3 centimes avec du charbon à 12 fr la tonne et d'un pouvoir calorifique de 2 750 calories.

(1) Il est nécessaire de prendre la moyenne de deux années, parce que, dans le développement des entreprises d'énergie électrique, il est probable que tout le matériel posé à la fin d'une année n'a pas été utilisé pendant toute cette année.

(2) Le bénéfice de l'entreprise dérivant de l'énergie prise sur le réseau, c'est la charge maxima sur le réseau et non à la station qui doit entrer dans la détermination précitée. Il est intéressant de remarquer à ce sujet que la dépense de combustible correspondant au courant de magnétisation des transformateurs est, en pratique, une dépense d'entretien, et que les pertes dans le cuivre des transformateurs et des lignes constituent une dépense de production. Néanmoins, la méthode graphique indiquée dans la note 2, différentie suffisamment ces diverses dépenses pour les besoins de la pratique.

A ces dépenses, il faut encore ajouter les pertes qui proviennent de la nécessité, que l'auteur signale en Angleterre, de fournir parfois l'énergie à un prix inférieur au prix de revient.

Ayant déterminé ainsi le prix de revient de l'énergie prise sur le réseau, il y a lieu d'évaluer le prix de revient de l'unité livrée à chaque consommateur.

D'abord, il faut établir la répartition des frais d'entretien entre les différents consommateurs ; l'opinion générale des chefs de station est de répartir la dépense totale d'entretien dans la même proportion entre les consommateurs, parce que le matériel exigé pour la distribution pendant les soirées des mois d'hiver, où la station doit débiter sa charge maxima, conduit à celui qui serait nécessaire pour alimenter la clientèle, si elle demandait au même instant sa charge maxima individuelle.

Théoriquement, le meilleur moyen de déterminer cette inconnue serait de prendre et d'étudier la courbe de charge de chaque consommateur ; ce qui serait impraticable. L'auteur estime que le procédé suggéré par le professeur Kennedy est suffisamment exact ; il consiste à munir chaque consommateur d'un indicateur de demande maxima, assez paresseux pour ne pas enregistrer les consommations de quelques minutes seulement. Dans une distribution de lumière, la demande maxima aura lieu pendant deux ou trois heures des journées d'hiver et en prenant la moyenne de l'indication maxima pendant les six mois d'hiver, on aura une approximation suffisante de la portion du matériel entier requise par chaque client.

Pour tenir compte de la diversité de l'emploi du matériel suivant les consommateurs, où la demande maxima n'a pas lieu pendant les mêmes heures de la soirée, l'auteur propose de diviser les frais totaux d'entretien annuel, par kilowatt demandé sur le réseau, par le quotient de la demande totale, en kilowatts, des consommateurs pendant le mois de charge maxima, par la charge maxima prise sur le réseau pendant ce mois, et de débiter chaque kilowatt demandé suivant ce rapport, dont la valeur peut s'élever à 1,5 dans une distribution de lumière, et davantage s'il y a de la force motrice distribuée [1].

(1) Ainsi, l'auteur prend comme exemple une consom-

ENTREPRISE MUNICIPALE D'ÉLECTRICITÉ DE STEPNEY

Compte approximatif de dépenses pour la période finissant au 30 septembre 1901.

	Année finissant en Septembre 1900 £ s. d.	Septembre 1900 Par unit.	Année finissant en Septembre 1901 £ s. d.	Septembre 1901 Par unit.	Mois de Sept. 1900 £ s. d.	Mois de Sept. 1901 £ s. d.
Charbon	1 537 1 8	1 01	1 801 16 9	59	170 1 3	127 0 8
Accessoires	274 0 5	18	148 4 6	04	15 7 2	12 6 6
Réparations (machines et bâtiments	53 4 11	03	97 14 7	03	7 8 7	4 19 8
Réparat. (canalisations)	20 7 4	01	42 8 6	014	3 3 7	1 16 10
Répar. (chez les abonnés)	27 1 2	02	91 18 6	03	2 16 3	37 7 9
Appointements et salaires	1 248 18 5	82	1 718 5 0	57	125 2 9	128 8 10
Taxes et redevances	175 15 0	12	189 7 7	06	7 8 4	12 0 0
Dépenses diverses	512 13 5	34	346 8 4	11	39 18 9	17 9 5
Intérêt	2 208 5 3	1 45	2 788 15 7	92	177 2 10	250 0 0
Amortissement	169 6 9	11	67 5 8	02	9 11 0	9 12 6
Bénéfice net						158 2 0
	6 226 14 4	4 09	7 292 5 0	2 42	558 0 6	758 4 2

	Année finissant en Sept. 1900 £ s. d.	Sept. 1900 Par unit.	Année finissant en Septembre 1901 £ s. d.	Septembre 1901 Par unit.	Mois de Sept. 1900 £ s. d.	Mois de S. 1901 £ s. d.
Recettes générales	2 684 17 9	2 74	5 198 1 1	2 53	369 3 6	583 2 11
Eclairage public	1 034 14 10	1 84	1 542 8 10	1 57	99 16 4	153 12 7
Redevances pour compteurs	78 15 5	2 44	142 15 1	2 23	9 8 10	14 19 1
Recettes diverses	43 2 7		63 12 1		4 9 0	6 9 7
Pertes nettes	2 385 3 9		345 7 11		75 2 10	
	6 226 14 4		7 292 5 0		558 0 6	758 4 2

Unités vendues pour l'année finissant en		Charge maxima fournie	Dépense totale par KW moins le charbon
Déc., 1900	366 639	350 KW.	£ 13,4
Sept., 1901	722 282	500 KW.	£ 10,95

Unités vendues (kw-h)		Coefficient d'utilisation	Années
Sept., 1900	37 775	12 p. 100	1900
Sept., 1901	71 756	16 45 p. 100	1901

La livre sterling (£) vaut : 25 fr. 22. Le shilling (s) vaut : 1 fr. 19. Le penny (d) vaut : 0 fr. 10.

Quant aux consommateurs qui ne demandent du courant qu'en dehors des heures de charge maxima, tels que les consommateurs de jour, leur existence n'implique pas une augmentation correspondante de matériel et de frais d'entretien. Les dépenses qui en résultent sont assimilables, d'après l'auteur, à celles qu'entrainent les sous-produits dans certaines industries, et se résument en frais de production et de service.

On en tiendra compte en imposant à ces consommateurs une redevance pour un interrupteur à mouvement d'horlogerie qui fera fonctionner l'indicateur de demande maxima pendant les heures de forte consommation [1].

L'auteur examine aussi la façon de tenir compte du caractère intermittent de certaines consommations destinées surtout à la force motrice et au chauffage, et dont

---

mation totale de 1500 kilowatts en décembre, avec une demande maxima sur la ligne de 1 000 kilowatts ; le « facteur de diversité » ou de répartition est de 1,5.

Pour répartir les dépenses totales d'entretien entre les consommateurs, il faut les diviser par 1 500 pour obtenir la redevance à imposer par kilowatt. L'importance de ce « facteur de diversité » ressort surtout dans les stations alimentant à la fois des quartiers de résidence et d'affaires.

[1] On peut objecter à cette manière de faire l'existence dans certaines stations comme à Montréal, de consommations maxima de jour supérieures aux charges maxima des soirées d'hiver. Mais ce sont là des cas exceptionnels qui ne se présentent que dans les villes où le développement de l'éclairage électrique n'a pas encore atteint son cours normal. Dans la généralité des villes, c'est la fourniture de la lumière pendant les soirées qui justifie à peu près seule l'installation du matériel, et l'auteur pense qu'il est logique que les consommateurs de nuit supportent seuls tous les frais d'entretien dont leur demande exige la dépense.

le « facteur de diversité » est nécessairement beaucoup plus élevé que pour les consommations commençant régulièrement à la tombée de la nuit pour ne s'arrêter qu'à l'extinction. Les dépenses d'entretien pour cette fourniture seront d'autant plus faibles en comparaison de celles que nécessite une consommation régulière, à coefficient d'utilisation égale de l'installation, que le « facteur de diversité » est plus grand pour la première classe que pour cette dernière. On aura une idée de la dépense de matériel afférente aux divers consommateurs en mesurant leur demande au moyen d'indicateurs dont le fonctionnement est assez paresseux pour n'enregistrer que les charges qui se maintiennent pendant une heure au moins ; et on pourra, de cette façon, tenir compte aux clients de consommation intermittente de leur « facteur de diversité » le plus souvent assez élevé (¹).

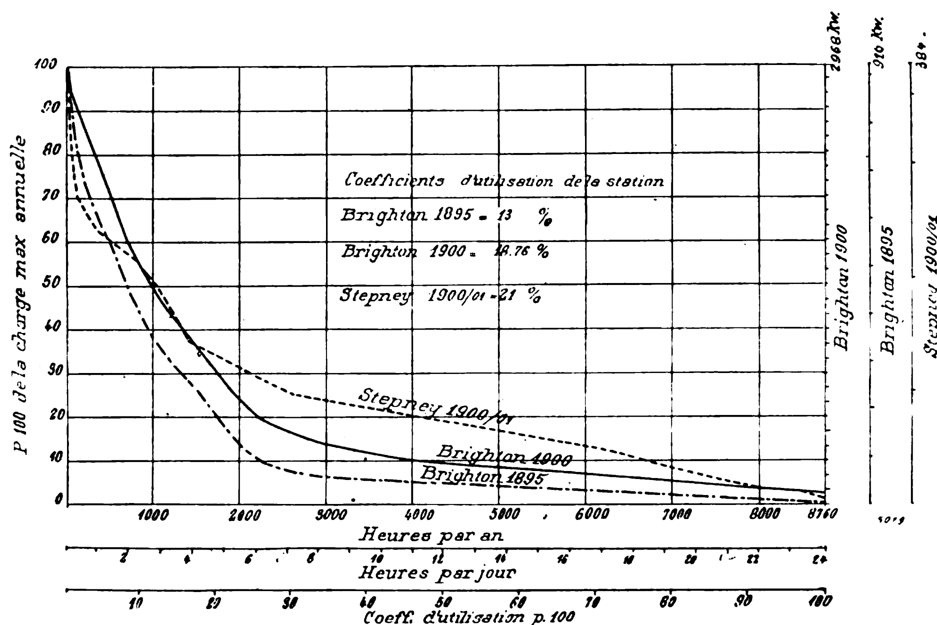


Fig. 1.

Avant d'aborder la question de la meilleure forme de tarif à adopter, l'auteur suggère ensuite quelques indications sur la comparaison des résultats financiers obtenus dans diverses stations (¹).

(¹) Il semble, à première vue, que l'emploi d'enregistreurs à grande inertie pourra profiter également à la classe la moins avantageuse de consommateurs dont la demande s'étend à un ou deux mois de l'année seulement, et à une demi-heure à peine par jour, comme il arrive pour les bureaux et magasins fermant de bonne heure, alors que leur « facteur de diversité » est certainement inférieur à l'unité. Mais les frais d'entretien de cette classe peu nombreuse de consommateurs peuvent être réduits au moyen d'une batterie d'accumulateurs chargée pendant le jour, et qui placera cette classe dans les mêmes conditions dans lesquelles elle se trouve pour les compagnies de gaz et réduira certainement le prix de revient de l'unité d'énergie qui lui est vendue.

(¹) La comparaison des dépenses d'entretien ne doit porter que sur les résultats d'une année, rapportés à la charge maxima moyenne en kilowatts probable pour cette année. Pour les dépenses de « production », on peut s'en tenir à des comparaisons mensuelles, avec un prix constant et une qualité moyenne de charbon. Les dépenses de service se rapporteront aux nombres de consommateurs reliés au réseau, et s'établiront par mois ou par année ; celles de réparations ne pourront être comparées que pour une période de trois ou quatre ans. Les charges du capital étant grossièrement proportionnelles à la charge maxima fournie, à la longueur des rues alimentées et au nombre des consommateurs reliés, ne peuvent s'évaluer uniquement d'après l'énergie vendue ou d'après la charge maxima. Les entreprises possédant le même coefficient d'utilisation et la même production d'énergie ne peuvent être comparables qu'autant que les « facteurs de diversité » généraux sont les mêmes. Ne sont pas comparables non plus les entreprises appartenant respectivement à des compagnies privées ou à des municipalités.

Il insiste sur le peu de valeur des comparaisons qui ne s'étendent pas sur une durée annuelle, en matière de dépenses de « préparation », de comptes de recettes, et de courbes de charge, comme le montre le tableau ci-dessous des recettes mensuelles de Stepney, ainsi que la méthode de détermination de la courbe de charge annuelle pour Brighton, 1895 et 1900, et pour Stepney, 1900-1901 (fig. 1). Ces courbes s'obtiennent en additionnant les heures pendant lesquelles une charge quelconque donnée, prise sur le réseau, a été fournie pendant l'année. On en déduit : 1° le coefficient d'utilisation pour une portion quelconque de l'installation (abscisse correspondant à la charge donnée) ; 2° l'importance relative des frais de production et de préparation (rapport des abscisses pour une ordonnée donnée) ; 3° le prix de revient de l'énergie aux différentes charges (proportionnel à la somme des abscisses et des ordonnées) ; 4° le nombre d'unités vendues à une charge donnée (produit des abscisses par les ordonnées) ; 5° les pertes maxima admissibles dans les feeders ; 6° la proportion dans laquelle la station devra être munie d'appareils réduisant la consommation de charbon (condenseurs, économiseurs, etc.) (1).

Après avoir examiné les principes de la détermination de la dépense à faire pour amener le courant aux différentes classes de consommateurs, quels que soient leurs coefficients de « diversité » ou d'utilisation, l'auteur se propose de rechercher un système de tarif approprié à ces différentes classes et susceptible d'augmenter les bénéfices de l'exploitation dans le plus bref délai. Quelles que soient, à première vue, les divergences dans le but poursuivi par les entreprises municipales et les compagnies privées, leur objectif réel doit être d'obtenir la clientèle des locataires et des commerçants de classe moyenne, dont la consommation prolongée dans la soirée, offre un meilleur coefficient d'utilisation, dont le nombre est plus grand par kilo-

(1) Les entreprises engagées sans tenir compte de la forme de cette courbe de charge annuelle risquent d'être établies dans de très mauvaises conditions. L'installation établie doit pourvoir aux maxima de cette courbe, en se basant moins sur la réduction des charges du capital, du charbon nécessaire à maintenir en état la station, et de la main-d'œuvre que sur l'économie de charbon nécessaire à la production courante. Les courbes relatives à la station de Brighton montrent le faible coefficient d'utilisation de plus de la moitié du capital auquel il faut s'attendre dans les entreprises normales d'éclairage en Angleterre.

L'analyse ci-dessous des dépenses de 1900 pour Brighton montre que la dépense de charbon nécessaire pour maintenir la station en état de service est presque égale à la moitié de celle qui correspond à la production véritable de courant, bien que la dépense de charbon par unité ne fût que de 7,2 centimes par unité, avec du charbon à 29 fr. la tonne. L'on ne saurait, par suite, étudier avec trop de soin les moyens de réduire le combustible qui ne sert qu'à tenir l'usine « sous pression ».

Analyse du compte des dépenses de la station de Brighton en 1900 d'après la méthode graphique.

	1. Dépenses de production.	2. Dépenses de préparation.	3. Dépenses de service.	TOTAL
	£	£	£	£
Charbon	920	3 231	.....	11 151
Huile, eau et accessoires..	7310	1 020	.....	1 330
Salaires à l'usine	.....	5 355	.....	5 355
Réparations aux bâtiments	.....	885	.....	885
Réparations des machines et du matériel.	1 085	588	.....	1 673
Réparations des lignes. .	.....	1 376	.....	1 376
Réparations des compteurs	.....	......	1 013	1 013
Remplacement de fusibles	.....	......	101	101
Salaires des employés. .	.....	1 375	1 202	2 577
Dépenses de courant. . .	.....	464	.....	464
Taxes et Redevances. . .	.....	1 237	.....	1 237
Assurances	.....	145	.....	145
Imprimés et frais de bureau	.....	317	.....	317
Dépenses légales.	.....	11	.....	11
Intérêt et amortissement.	....	18 312	1 160	19 472
1 £ = 25 fr. 22	9 315 ou 0 f. 03 par unité vendue	34 316 ou 242 f85 par kw demandé	3 746	47 107

Cette analyse montre que la dépense nécessaire pour « pouvoir » fournir l'énergie à un consommateur quelconque de Brighton est de 242,85 fr par an et par kilowatt demandé par le consommateur, soit 7,15 fr par lampe de 32 watts, et 0,03 fr par unité consommée, plus les dépenses de service qui n'ont pas été complètement couvertes par les redevances pour compteurs.

L'auteur donne ensuite un compte de profits et pertes pour Brighton, 1900.

Pertes. — 1. Pertes pour alimenter les 524 consomma-

mètre carré et compense largement la dépense supplémentaire de lignes de distribution qu'elle nécessite. Le choix d'un tarif non rationnel rend le recrutement de cette classe de clients plus difficile, alors qu'en se reportant aux courbes de dépenses, on verra qu'il est possible d'alimenter cette clientèle économiquement, avec une consommation de trois ou quatre heures par jour, et à meilleur marché qu'avec le gaz. Il est heureux pour l'avenir de l'électricité, que la majorité des consommateurs de lumière artificielle appartienne à cette classe moyenne, bien que ce ne soit pas le cas pour le grand nombre actuel des consommateurs d'électricité [1].

---

teurs qui n'ont pas consommé l'équivalent de l'emploi du nombre de lampes demandé pour 365 jours.

Dépenses de préparation :		
375 kw à 9 £ 13 s. 4 d. (242,85 fr) . .	3 616	
Dépenses de production :		
65 860 unités à 0,6 d. (0,03 fr). . . .	160	
	3 776	
A déduire : Recettes sur cette consommation.	1 921	
		1 855 £
2. Pertes pour frais de service :		
Frais de service	3 476	
Redevances pour compteur.	1 640	
		1 836 £
3. Faux frais :		
Prévision.	186	
Reliquat	14	
		172 £
		3 863 £
Bénéfice net.		507
Solde.		4 370 £

Profits. — 1. Profits pour 2331 consommateurs qui ont consommé plus que l'équivalent ci-dessus pour la première heure.

Recettes pour vente de 1 159 878 unités à 0,70 fr	33 800 £	
A déduire :		
Préparation : 3 175 kw à 9 £ 13 s. 4 d. .	30 700	
Production : 1 159 878 unités à 0,6 d. .	2 900	
	33 600	200 £

2. Profits pour vente aux consommateurs ci-dessus, après la 1re heure.

Recettes pour vente de 2 501 985 unités à 1 d. (0, 10 fr)	10 425 £	
A déduire :		
Dépense de production pour 2 501 985 unités à 0,6 d.	6 255	
		4 170 £
		4 370

L'auteur attire aussi l'attention sur ce fait qu'une entreprise encourt une perte réelle en vendant l'électricité, dans les conditions admises pour alimenter la majorité des consommateurs, à un prix moindre que la somme des dépenses de « production » et d' « entretien » du système. Ces dépenses agissent sur le prix de l'unité vendue comme l'indique la figure 2, avec des coefficients d'utilisation variables.

Les courbes de cette figure montrent la réduction rapide des frais de production avec l'augmentation de la durée de service ; la ligne oblique indique combien la dépense nécessaire pour amener le courant au consommateur augmente peu quand la durée de sa consommation croit. Les frais de préparation et de production pour une consommation double n'augmentent que de 17,5 p. 100.

L'auteur a aussi analysé les résultats d'une des entreprises les plus économiques, d'après les principes précédents ; la figure 3 se rapporte à la station municipale de Nottingham ; elle montre combien le tarif appliqué favorise les consommateurs fermant de bonne heure, aux dépens des clients de nuit. L'auteur a cherché quel serait le tarif rationnel à appliquer et le nombre d'heures de la demande qui devraient être tarifées à 0,40 fr le kilowatt pour couvrir les pertes de l'entreprise. On voit que le prix de vente ne peut être inférieur, sans perte, à 0,525 fr pour les consommations de 365 heures (coefficient d'utilisation = 4 p. 100), que le tarif de 0,40 pour 400 heures et 0,20 fr au-delà fait payer, aux consommations de trois heures, 12 p. 100 de plus que le prix de revient, et 70 p. 100, en moins, aux consommations d'une heure.

Les pertes encourues dans cette entreprise proviennent de l'erreur courante qui consiste à évaluer la dépense d'amenée du courant proportionnellement à la consommation.

[1] Ce fait tient, suivant l'auteur : 1° à l'influence du choix défectueux des systèmes de tarification actuels ; 2° à l'habitude de ne poser des lignes que dans les quartiers riches ; 3° au prix élevé des installations particulières. Il est hors de doute qu'en adoptant les installations en location et une forme de tarif gradué suivant l'importance du coefficient d'utilisation, le prix de revient de la fourniture de l'électricité peut être abaissé suffisamment pour défier la concurrence du gaz.

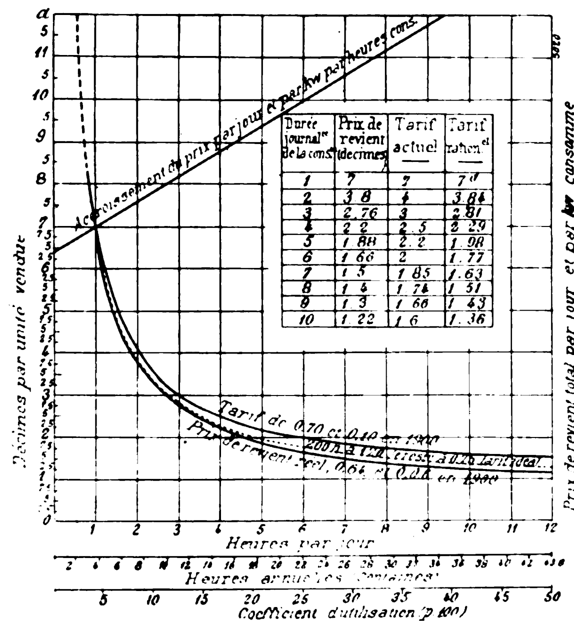
Les courbes des figures 4, 5, 6 et 7 ci-dessous, donnent les résultats obtenus à Brighton où les lignes ont été posées très-librement. Les courbes des figures 4 et 5 montrent comment diminuent les frais d'entretien, de production et le prix de revient moyen par unité quand la demande totale augmente, et comment en encourageant la clientèle à coefficient d'utilisation élevé on augmente celui de la station.

La figure 6 montre l'influence de l'abaissement de prix sur l'accroissement de la consommation et la figure 7 indique à quel taux par lampe de 16 bougies par an et par unité on peut vendre l'énergie même aux petites installations, en y comprenant la location des lignes et toutes les autres charges de l'installation. De cette courbe, on peut conclure que les faibles installations

L'auteur montre dans la figure 8, la division des consommateurs en différentes classes à Brighton, l'énergie qui leur est vendue, les bénéfices et les pertes nettes résultant de l'application du tarif actuel, et le revenu net du capital alloué à l'alimentation de chaque classe. Les pertes du fait des consommations inférieures à une heure, proviennent du prix de vente maxima trop faible (0 70 fr). L'auteur indique, par la ligne pointillée du premier diagramme, la division naturelle de la consommation à Brighton, d'après ses idées, quand le problème des installations sera résolu et quand tous les districts des classes inférieures seront pourvus de canalisations. Il est intéressant de remarquer que l'application du tarif différentiel n'a pas empêché la consommation par habitant, et surtout l'accroissement de la consommation par habitant, d'être aussi élevés à Brighton que dans aucune autre ville d'Angleterre ; il est probable que, avant cinq

---

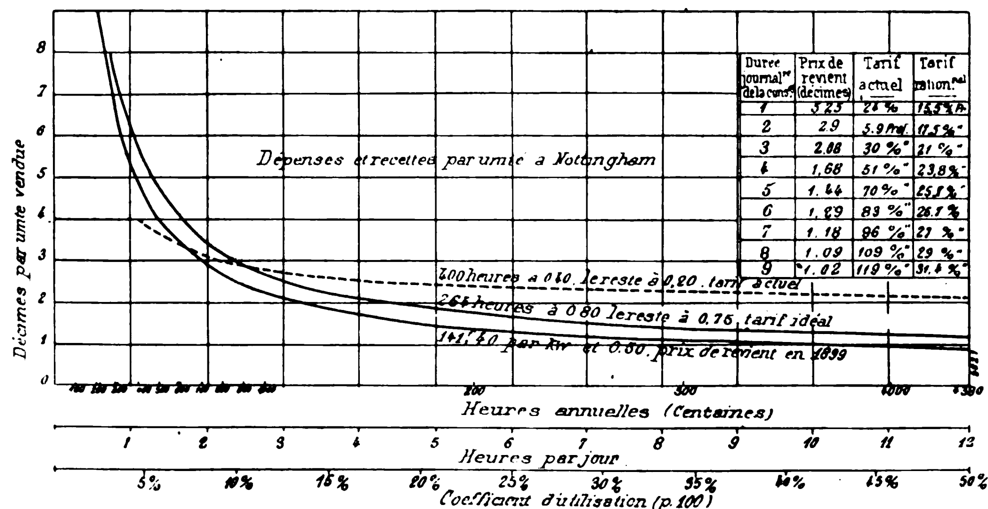
dont la consommation dure trois heures par jour, peuvent être montées et alimentées à un prix inférieur par



Durée journal[re] de la cons[on]	Prix de revient (décimes)	Tarif actuel	Tarif rationel
1	7	7	7 d
2	3 8	4	3.84
3	2.76	3	2.81
4	2 2	2.5	2 29
5	1 88	2.2	1.98
6	1 66	2	1.77
7	1 5	1 85	1.63
8	1 4	1 74	1 51
9	1 3	1 66	1 43
10	1 22	1 6	1.36

Fig. 2. — Dépenses et recettes par unité à Brighton.

bougie qu'avec le gaz. Il reste à examiner si la majorité de la clientèle se sentira attirée plutôt avec un tarif



Durée journal[re] de la cons[on]	Prix de revient (décimes)	Tarif actuel	Tarif rationnel
1	5 25	24 %	15,5 %
2	2.9	5.9 %	17,5 %
3	2.08	30 %	21 %
4	1,68	51 %	23,8 %
5	1.44	70 %	25,1 %
6	1,29	83 %	26.1 %
7	1.18	96 %	27 %
8	1.09	109 %	29 %
9	1.02	119 %	31.4 %

Fig. 3. — Dépenses et recettes par unité à Nottingham.

proportionné à la seule consommation qu'avec celui que propose l'auteur ; le premier sera plus simple, le second conduira à un débours annuel moindre pour le consommateur. Un tarif uniforme favorise les consommations de courte durée au détriment des longues consommations, ce qui implique un coefficient d'utilisation faible pour l'ensemble de l'entreprise. Ces inconvénients s'aggravent encore de l'usage des réductions en faveur des grandes consommations annuelles et basé sur la croyance erronée à un profit supérieur du fait des grandes consommations. L'auteur prend, comme exemple, un consommateur employant 1 000 lampes pendant 365 heures par an et payant 0,40 fr le kilowatt-heure ; sa dépense sera d'environ 10 000 fr, sans aucun bénéfice pour la plupart des stations ; tandis qu'un autre consommateur, avec 10 lampes en service pendant trois heures par jour, dépensera 300 fr avec un bénéfice certain pour la Compagnie.

ans, la consommation annuelle par habitant sera de 50 kilowatts-heure [1].

---

[1] L'auteur critique à ce sujet, le système de tarif de Kapp avec compteur à deux taux; ce système en croyant

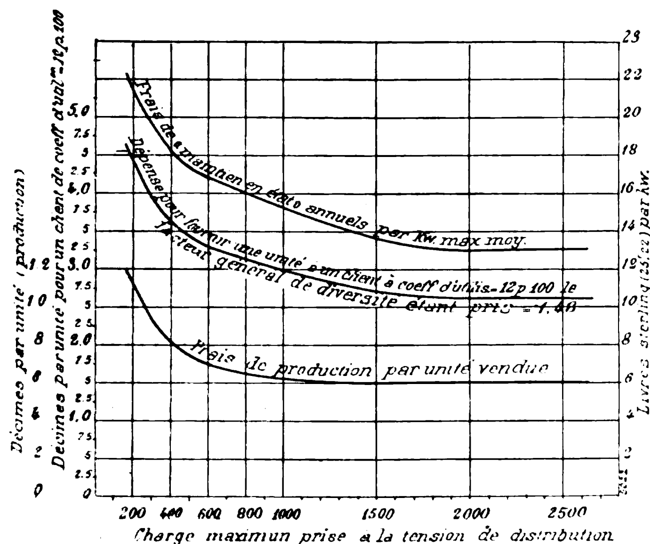


Fig. 4.

encourager la consommation de jour ne fait que décourager les consommateurs de nuit; il fait payer à la clientèle dont la demande est de trois heures par jour, trois fois plus qu'au consommateur d'une heure et il s'appuie sur une conception erronée de la consommation réalisable pendant le jour. De même, l'ancien tarif à forfait annuel par lampe était aussi peu judicieux que le tarif au kilowatt-heure; la combinaison des deux peut néanmoins conduire à un système rationnel. Les réductions accordées aux consommateurs importants se justifient jusqu'à un certain point, quand on applique en même temps les règles d'Hopkinson : en effet, si l'importance de la consommation tient à une forte demande d'énergie, elle réduit les dépenses de « préparation » de la station surtout aux débuts de l'entreprise quand il y a une réserve assez forte de matériel; si, au contraire, la consommation est grande en raison de sa durée, le taux de bénéfice réalisé sur le capital nécessaire pour y pourvoir est supérieur à la moyenne. L'auteur fait remarquer néanmoins que la réduction des frais d' « entretien » de la station du fait

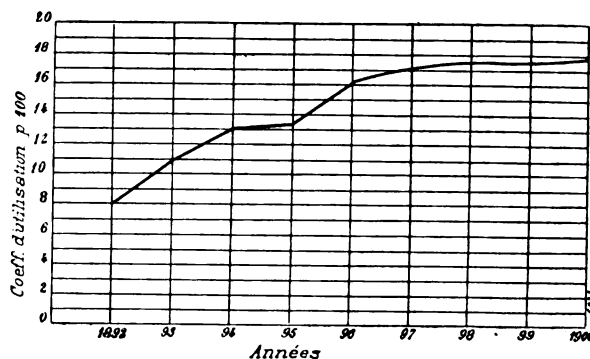


Fig. 5. — Augmentation du coefficient d'utilisation à Brighton.

des grands consommateurs diminue avec le développement de la distribution, la réduction qui leur est accordée doit diminuer aussi en raison du développement.

En ce qui concerne le prix de vente réduit pour la force motrice, l'auteur y voit le danger de surcharges momentanées au moment du démarrage des ateliers ou de la superposition des charges de lumière et de force motrice vers 5 heures en hiver. Des consommateurs fermant de bonne heure auraient d'ailleurs intérêt à faire de la lumière par l'intermédiaire d'un moteur électrique, ce qui est inadmissible.

L'auteur reconnaît, enfin, que le tarif au kilowatt-heure peut s'admettre à condition d'adopter un prix de vente initial assez élevé, et d'exiger un nombre d'heures suffisant avant tout dégrèvement de façon à couvrir les frais de préparation et de production.

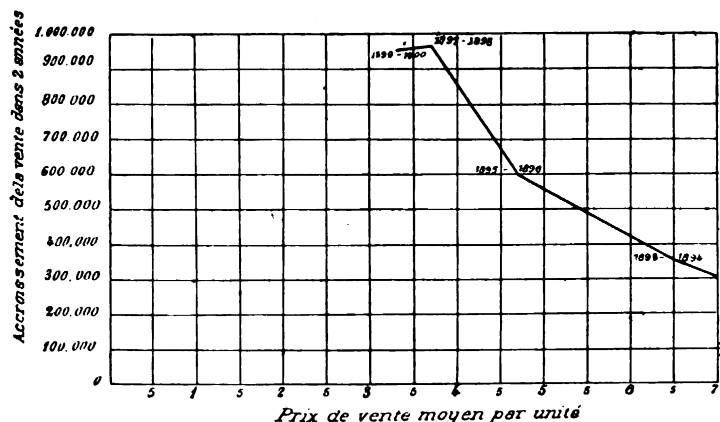


Fig. 6. — Relation entre l'augmentation de la vente et le prix de vente.

Pour en revenir au système de tarification qu'il propose, l'auteur examine ensuite la façon de répartir les bénéfices sur la vente aux différentes classes de consommateurs. Les entrepreneurs de distribution d'énergie électrique peuvent avoir pour objectif : 1° un bénéfice déterminé, en pour cent sur le prix de revient total de l'unité vendue ; 2° un bénéfice fixé par unité vendue ; 3° un revenu fixé sur le capital affecté à la distribution, sans tenir compte de la production ou 4° un bénéfice dérivant partiellement

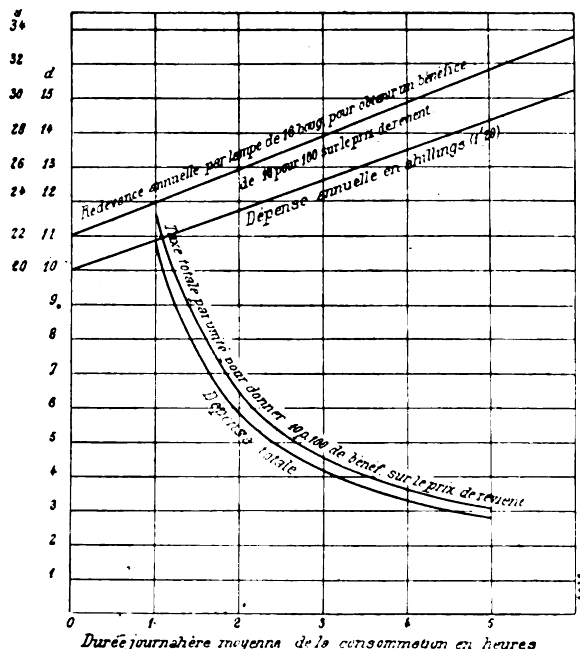


Fig. 7. — Redevance totale pour installation et électricité.

d'un pour cent sur le capital d'« installation » et partiellement d'un bénéfice net pour chaque unité vendue ; ou 5° un bénéfice, en pour cent, soit par unité vendue, soit sur le capital immobilisé, mais variable, de façon à encourager la classe la plus nombreuse de consommateurs de lumière artificielle, en consentant à un bénéfice moindre que pour les classes moins nombreuses.

Les municipalités ne sauraient vendre l'électricité au bénéfice pour cent moindre pour une classe que pour une autre ; le système le plus correct est, dans ce cas, le premier indiqué ci-dessus, c'est-à-dire un taux du bénéfice fixé sur le prix de revient total de l'unité vendue, y compris la provision pour le fonds de réserve et les accidents.

Les compagnies privées, au contraire, subordonnent l'équité à une réalisation rationnelle du bénéfice ; comme au début, il y a quelque difficulté à augmenter le capital, il sera toujours peu habile d'en immobiliser une partie pour alimenter des consommateurs dont le rapport serait inférieur à 5 p. 100 ; il vaudrait même mieux renoncer à la clientèle qui ne rapporterait pas 10 p. 100 du capital affecté à son alimentation et ne pas compromettre l'avenir en fixant un prix de vente trop bas pour les distributions de courte durée. Ce prix doit être juste assez faible pour ne pas détourner les consommateurs à coefficient d'utilisation élevé.

L'auteur se propose de rechercher quelle doit être la consommation, avec le prix de vente maximum imposé [1], pour qu'elle soit rémunératrice. Il appelle

D = la demande du consommateur définie comme il a été dit ;

K = les frais annuels d'entretien ou de mise en état pour chaque kilowatt demandé ;

M = le prix de vente maximum par unité ;

p = les frais de production par unité ;

u = le nombre total d'unités dont la vente est à prévoir pour l'année ;

$\frac{1}{r}$ = le rapport du bénéfice net aux dépenses totales [2] ;

L = la perte totale prévue pour alimentation de la clientèle à faible coefficient d'utilisation.

---

(1) L'auteur déplore l'usage du Parlement anglais de fixer un maximum au prix de vente par unité, sans tenir compte de l'importance des villes. Il eût été certainement plus avantageux pour les petits consommateurs que l'on ait simplement fixé une limite au prix de vente moyen dans chaque ville. D'autre part, dans le Royaume-Uni, tout consommateur peut demander à être tarifé à l'unité consommée, et n'a pas besoin de prendre plus de 20 unités par trimestre. Ces trois circonstances augmentent nécessairement le prix de l'électricité pour les classes moyennes. Il est à espérer que les règlements ultérieurs s'inspireront davantage des intérêts à la fois du petit consommateur et des entrepreneurs d'éclairage électrique.

En Angleterre, le prix de vente est généralement de 0,40 fr et, d'après ce qui vient d'être dit, il serait imprudent d'abaisser ce prix à tout consommateur avant que la consommation tarifée à ce taux ne couvre les frais de mise en état, de production et la part de bénéfices désirée.

(2) La marge du bénéfice net réalisé, outre les 3 ou 4,5 p. 100 prélevés déjà sur le prix de revient, doit permettre de faire une réduction à tous les grands consommateurs dont la dépense dépasse une certaine valeur et

$D \times H =$ la quantité totale d'électricité à payer au prix M par unité pour en obtenir la réduction au prix P.

On a alors

$$DH = \frac{DK\,(r + 1}{Mr - p\,(r + 1)}$$

$$P = p\left(\frac{r + 1}{r}\right) + \frac{L}{u - \Sigma'\,DH}$$

Le tarif proposé par l'auteur peut être établi sous deux formes :

1° Un paiement de 0,40 fr par unité ou davantage, si c'est possible, pour la consommation équivalente à la demande de l'abonné, pendant tant d'heures par an, par trimestre ou par mois, suivant que l'une ou l'autre période est plus convenable pour le quartier, et en outre, une redevance pour tout surplus de consommation durant cette période.

2° La seconde forme (équivalente à la première pour les coefficients d'utilisation tout à fait faibles), consiste en une redevance annuelle ou mensuelle par lampe allumée et une autre par unité d'électricité consommée.

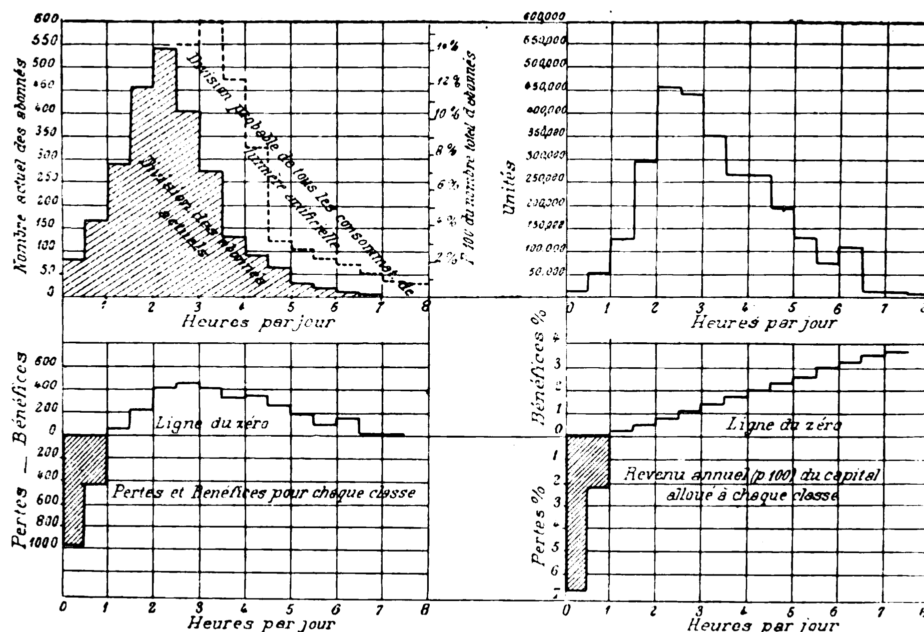


Fig. 8.

Division des clients en classes suivant le coefficient d'utilisation.

Vente d'électricité pour divers coefficients d'utilisation.

Si L est la redevance annuelle par lampe, M, le prix de vente le plus élevé possible, P, le prix par unité après une consommation équivalente à la demande effectuée pendant H heures, W, la puissance en watts par lampe, et si on pose

$$L = (M - P)\,\frac{WH}{1\,000},$$

pour $M = 0{,}80$ fr, $P = 0{,}10$ fr, $H = 365$ heures et $W = 33$, un tarif de 0,80 fr pour la consommation équivalente à la demande effectuée pendant une heure par jour et 0,10 fr pour le surplus équivaut à une redevance de 8,45 fr par lampe allumée et 0,10 fr pour toutes les trente heures de consommation de cette lampe.

La réduction du nombre d'heures à tarif élevé, et celle du prix P donnent toute facilité pour faire profiter la clientèle de la diminution des frais à l'usine génératrice.

Le deuxième mode de tarif, si l'on convient que « le nombre de lampes demandé » est le nombre de lampes de 8 bougies, ou leur équivalent, allumées simultanément, environ une heure par

dont la consommation est supérieure à la quantité représentée par leur demande utilisée pendant H heures.

La redevance pour les compteurs doit être suffisante pour couvrir des dépenses de service, malgré la tendance des compagnies de gaz à la supprimer.

jour durant les six mois d'hiver, permet à chaque consommateur d'estimer sa dépense annuelle. La moyenne des trois derniers mois d'hiver fixera la demande d'après laquelle sera tarifée la consommation d'été. On accordera à tout consommateur la faculté d'effectuer une ou deux demandes extraordinaires par mois, en lui demandant une redevance pour un indicateur de demande excessive.

Pour les consommateurs de force motrice, ou ceux qui consomment pendant le jour ou après dix heures du soir, plus que pendant les premières heures de la soirée, on leur imposera un indicateur de demande avec commutateur à mouvement d'horlogerie [1].

Dans le cas des moteurs, la demande enregistrée peut être considérée comme la mesure de la puissance moyenne consommée par le moteur pendant les heures où il a été le plus chargé.

Il y a un intérêt considérable au point de vue de l'économie administrative d'adopter un tarif rigide qui élimine toute contestation ; car ce qui décide de l'importance d'une facture de consommateur, ce sont les indications enregistrées par un instrument simple et dont l'entretien est beaucoup moins dispendieux que celui que nécessite la comptabilité avec un tarif élastique.

Dans les discussions sur cette question des tarifs, l'auteur signale l'argument que les entrepreneurs d'éclairage présentent contre la considération du coefficient d'utilisation ; à savoir que les capitaux immobilisés, au début, exigent avant tout un rapide développement de la consommation ; mais cela suppose ou que le capital de premier établissement est exagéré ou un manque de confiance dans l'avenir de l'affaire ; et c'est précisément dans son système que l'auteur pense trouver, d'une part, les éléments d'une étude rationnelle de l'établissement et de l'extension des usines, et, en même temps, un encouragement à la consommation. Si pendant la première ou la deuxième année, le capital reste en partie improductif, cette perte relative est bien moindre que celle qui résulte d'une exploitation improductive pendant plusieurs années et dont les effets sont très difficiles à réparer dans la suite.

P. L. Charpentier.

SECTION DE BIRMINGHAM

Séance du 11 décembre 1901.

Détermination des pertes dans les moteurs, par **W.-E. Sumpner**, d'après *Journal of Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 632-645, n° de mars 1902.

La méthode suivante, employée à l'Ecole technique de Birmingham [1], est recommandée

---

(1) L'indicateur de demande, outre l'économie de temps qu'il procure pour le service extérieur, permet au chef de station de connaître très exactement sa charge maxima et d'équilibrer parfaitement les deux ponts d'un trois fils.

Quant à l'opposition que peut rencontrer la tarification élevée initiale, il ne faut pas oublier que cette opposition vient surtout des clients dont l'alimentation constitue une perte pour l'usine ou qui ne consomment pas assez pour obtenir la réduction du tarif.

On a objecté à l'installation d'indicateurs de charge dans toutes les habitations, le prix élevé et la perte d'énergie qui détruiraient tous leurs avantages théoriques, mais on trouve dans le commerce des formes combinées d'appareils qui font tomber cette objection En outre, on peut voir que le coefficient général d'utilisation a besoin seulement d'être augmenté par unité pour que le bénéfice résultant suffise à couvrir la dépense des indicateurs de charge.

Le problème des installations doit selon l'auteur, être sérieusement abordé si l'on veut développer rapidement l'éclairage électrique parmi les masses. L'auteur considère comme préjudiciable aux intérêts des entrepreneurs le fait d'imposer une redevance uniforme par unité pour l'installation ; on encourage ainsi la clientèle à faible coefficient d'utilisation. Selon l'auteur, la meilleure manière de taxer les installations est de demander une redevance de tant par lampe et par an en y joignant une légère taxe par unité consommée, la différence entre les lampes installées et les lampes allumées étant créditée de 18 fr par lampe de 16 bougies par an, ou bien de diminuer la taxe par lampe suivant le tarif adopté après les quatre premières années. L'auteur déplore, à ce sujet, l'hésitation des Compagnies à étendre leurs lignes jusqu'aux lampes ; cependant le risque de rencontrer des parties improductives n'est pas plus grand pour les installations que pour les lignes, et ne s'élève pas, en pratique, à plus de 5 p. 100.

Les courbes de la figure 7 montrent l'appoint que les entrepreneurs d'éclairage peuvent trouver dans cette manière de traiter le problème ; les installateurs ne seront naturellement pas d'un grand concours pour ces installations en location, mais il est douteux que leur concours soit en général bien efficace après la première année de consommation.

(1) Faisons observer que la méthode cinétique a déjà été appliquée, avec des variantes, par plusieurs ingénieurs électriciens, notamment, par M. Routin (*Écl. Élect.*, t. IX, p. 169, 24 octobre 1896) et par M. Boucherot (*Écl. Élect.*, t. XVII, p. 498, 17 décembre 1898 et t. XVIII, p. 259, 18 février 1899). N. d. l. R.

par l'auteur pour sa simplicité. La perte d'énergie cinétique, quand un moteur lancé est abandonné à lui-même entre deux vitesses successives R_1, R_2, est

$$a(R_1^2 - R_2^2),$$

a dépendant du moment d'inertie de la partie tournante.

Si T est le couple dû aux pertes de la machine, il peut être regardé comme constant pour des variations de 10 p. 100 de la vitesse. T étant constant, la vitesse diminue uniformément, de sorte que le travail effectué dans l'intervalle de temps t est

$$2\pi\,T.\frac{R_1 + R_2}{2}t;$$

d'où

$$Tt\pi(R_1 + R_2) = a(R_1^2 - R_2^2).$$

$$(1) \qquad Tt = \frac{a}{\pi}(R_1 - R_2).$$

Laissant R_1, R_2 les mêmes, si on augmente le couple de la valeur T_0, on aura :

$$Tt = (T + T_0)\,t',$$

ou

$$(2) \qquad T = T_0\frac{t'}{t - t'},$$

et

$$(3) \qquad Tt = T_0\frac{tt'}{t - t'} = \frac{a}{\pi}(R_1 - R_2).$$

Cette équation détermine a, et par suite l'énergie cinétique perdue.

En faisant varier T au moyen de l'excitation on pourra séparer le couple dû aux frottements électriques de celui des frottements mécaniques, et déterminer, au moyen de l'équation 3, le couple à différentes vitesses [1].

Si la machine à essayer est une dynamo shunt, ou un alternateur pourvu d'une excitatrice sur le même arbre, ou une machine quel-

[1] Soit W les watts perdus, w les watts correspondant au couple additionnel, on a

$$Wt = (W + w)\,t' = a(R_1^2 - R_2^2).$$

$$W = w\frac{t'}{t - t'},$$

$$Wt = w\frac{tt'}{t - t'} = a(R_1^2 - R_2^2),$$

et les mêmes remarques s'appliquent.

Un bon tachymètre suffira pour la mesure de R_1 et R_2; quant à la mesure du temps, il sera plus exact de compter les battements d'une montre que de se servir d'un chronomètre à arrêt.

La forme de l'équation (3) montre que la sensibilité de la méthode sera maxima pour $t' = \frac{t}{2}$, la pratique a montré que t' ne devait être moindre que 2 secondes et demie (10 battements) ni, par suite, t moindre que 5 secondes; ce qui correspond pour les petites machines à une variation de 20 p. 100 environ de la vitesse.

Dans le cas de deux alternateurs en parallèle, on peut appliquer une méthode toute différente pour mesurer la variation de vitesse. L'indicateur de phase peut servir à cet effet; ainsi, si les machines tournent en parallèle, que l'on supprime le couple d'entraînement sur un des alternateurs et que l'on ouvre le circuit de son armature, l'indicateur de phases présentera des battements de plus en plus rapides. S'il est possible de compter le nombre n de battements, dans un temps t, l'expression $\frac{Tt^2}{n}$ est une constante pour chaque machine (T, couple dû aux pertes).

Dans le temps t, le nombre de périodes écoulées, si la machine tourne à p périodes par tour, sera pR_1t pour e premier alternateur, et $p(R_1 + R_2)\frac{t}{2}$ pour le second, de sorte que

$$pR_1t = n + p(R_1 + R_2)\frac{t}{2},$$

ou

$$2n = pt(R_1 - R_2).$$

Si la fréquence du courant est $f = pR_1$

$$2n = ft\frac{R_1 - R_2}{R_1}.$$

D'après l'équation (3) on aura

$$\frac{Tt}{2n} = \frac{aR_1}{\pi ft},$$

ou

$$\frac{Tt^2}{n} = \frac{2aR}{\pi f} = \frac{2a}{\pi p}.$$

Pour deux valeurs T, $T' = T + T_0$ du couple on aura

$$\frac{Tt_1^2}{n1} = \frac{T't_2^2}{n2},$$

d'où

$$T = T_0\frac{\frac{t_2^2}{n_2}}{\frac{t_1^2}{n_1} - \frac{t_2^2}{n_2}}.$$

$\frac{R_1 - R_2}{R_1}$ est le taux de la chute de vitesse dans le temps t; soit α la variation de vitesse par seconde

conque entraînée par un moteur shunt, il est bien préférable de mesurer les variations de vitesse au moyen du dispositif de la figure 1. La méthode consiste à mesurer la différence entre les voltages des inducteurs et de l'induit.

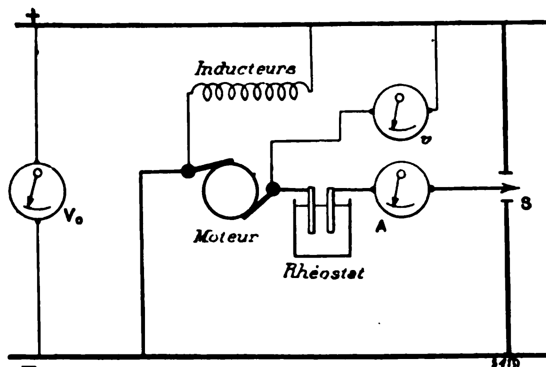


Fig. 1.

Le moteur est monté sur une ligne (+ —) à potentiel constant, par l'intermédiaire d'un rhéostat de démarrage et d'un commutateur S. Quand la machine a atteint la vitesse désirée, l'armature est séparée du circuit, le voltmètre mesure directement les variations de vitesse $R_1 - R_2$ et il suffit de compter le temps nécessaire pour obtenir une variation voulue [1].

alors $\frac{R_1 - R_2}{R_1} = \alpha t$ et $2n = \alpha f t^2$. Si $f = 100$ et $\alpha = 0{,}01$, $n = \frac{1}{2} t^2$ et il y aura 8 battements par seconde ; mais pour de grandes machines et les fréquences basses employées maintenant, les battements seront bien moins rapprochés.

[1] On voit sur la figure que le voltmètre v indique la différence entre le voltage constant de pleine vitesse et les voltages correspondant aux différentes vitesses du moteur abandonné à lui-même. Avec un voltmètre pour très faibles voltages, on aura ainsi une mesure très exacte des variations de vitesse et on pourra n'observer que de très faibles variations de cette vitesse.

Cette méthode a été appliquée aux trois dynamos Parker de l'École technique de Birmingham. Chaque dynamo est de 40 kilowatts à 110 volts et 800 t : m.; elle est accouplée par une courroie à un moteur à gaz Taugye, tournant à 160 tours par minute. La dynamo et le moteur sont munis de puissants volants, le moteur seul met 2 minutes pour s'arrêter ; avec la dynamo il faut 4 minutes ; et cette dernière seule met 22 minutes, à circuit ouvert. Les seuls instruments employés pour l'essai étaient une montre, un voltmètre, un ampèremètre et un rhéostat à liquide. Le voltmètre v donnait la différence entre le voltage V_0 de la distribution et le voltage V de l'armature. A excitation constante, V mesurera la vitesse de la machine, et l'énergie cinétique K des parties tournantes sera

$$K = \lambda V^2,$$

où λ est une constante. Si K_0 est la valeur correspondant à $V_0 = 110$ volts, et si, dans l'intervalle $t_2 - t_1$, V varie de V_1 à V_2, W étant l'énergie perdue en frottements, on a

$$W(t_2 - t_1) = a(V_1^2 - V_2^2) = \frac{K_0}{V_0}(V_1^2 - V_2^2)$$

on peut poser

$$W = A_0 \frac{V_1 + V_2}{2};$$

d'où

$$A_0 = \frac{2K_0}{V_0^2} \cdot \frac{V_1 - V_2}{t_2 - t_1},$$

et A_0 est le courant qui, traversant l'armature de façon à s'opposer aux frottements, maintiendra la vitesse constante.

Si v_1 et v_2 sont les lectures du voltmètre, on aura $V_1 - V_2 = v_2 - v_1$ et si $\frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = v$ est le taux de la variation de ces lectures par seconde on aura

$$A_0 = \frac{2K_0}{V_0^2} v.$$

Si, outre le couple de frottement, il en existe un autre dû à un courant A dans l'armature, on aura

$$A_0 \pm A = \frac{2K_0}{V_{02}} \cdot v$$

Ainsi v sera une fonction linéaire des valeurs de A, et cette relation donnera non seulement A_0, et par suite, les pertes par frottement, mais aussi l'énergie cinétique K_0 de l'armature à la vitesse normale.

L'auteur donne les résultats obtenus en appliquant cette méthode à l'Ecole technique de Birmingham, et on a trouvé un accord très satisfaisant entre cette méthode et la méthode électrique. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que son mérite consiste plutôt dans la simplicité des instruments et des opérations qu'en une exactitude parfaite ; elle ne sépare pas les pertes qui sont proportionnelles à la vitesse de celles qui varient avec le carré de la vitesse ; elle suppose aussi que les frottements à vide sont les mêmes que les frottements en charge, et elle ne saurait guère s'appliquer qu'à des machines assez puissantes.

P.-L. C.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXII. Samedi 9 août 1902. 9e Année. — N° 32.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LE COMPOUNDAGE ÉLECTROMÉCANIQUE

DES GROUPES ÉLECTROGÈNES

PAR LE RÉGULATEUR J.-L. ROUTIN

On dit d'un générateur électrique qu'il est compoundé lorsque sa tension est automatiquement maintenue constante quel que soit son débit. Par analogie, M. J.-L. Routin dit qu'un groupe électrogène est compoundé lorsque sa *tension* et sa *vitesse* sont maintenues automatiquement constantes quelle que soit la charge. Nous utiliserons cette expression, faute d'une meilleure.

Le problème du compoundage des générateurs électriques peut être résolu en faisant réagir convenablement le courant débité par le générateur sur son excitation ; mais toutes les solutions de ce genre supposent implicitement la vitesse constante et ne doivent leur apparente simplicité qu'à ce qu'elles ne font que contourner la difficulté en laissant à un régulateur automatique le soin de maintenir la constance de la vitesse. Le compoundage d'un groupe électrogène exige donc forcément en pratique une manœuvre mécanique pour compounder le moteur, c'est-à-dire pour maintenir sa vitesse constante quelle que soit la charge.

L'étude des conditions spéciales que doivent remplir les régulateurs de vitesse des moteurs (turbines hydrauliques ou machines à vapeur) actionnant des générateurs à courants alternatifs a fait l'objet d'un rapport que nous avons tout dernièrement présenté à la Société Internationale des Electriciens au nom de la Commission chargée de ce travail. L'une de nos conclusions les plus importantes établissait nettement que la régularisation

d'un groupe électrogène est en général un problème tout spécial et entièrement distinct de celui du réglage de la vitesse d'un moteur destiné à un service mécanique quelconque.

Voyons d'abord comment se pose ce problème :

Lorsqu'on emploie des machines à courant continu, le groupe n'est astreint qu'à la condition de fournir un voltage constant ou légèrement croissant avec la charge pour compenser les pertes dans les canalisations. Les exigences de l'exploitation se réduisent donc dans ce cas à un réglage électrique qui n'implique nullement la constance de la vitesse.

Mais, s'il s'agit de générateurs à courants alternatifs, il faut en outre que la fréquence, c'est-à-dire la vitesse du groupe, reste aussi constante que possible.

Il y a donc, dans le cas le plus général, à prévoir, deux réglages distincts :

I. — Le réglage de la vitesse qui s'obtient en agissant sur les organes d'admission du moteur.

II. — Le réglage de la tension qui s'obtient en agissant sur l'excitation du générateur.

Remarquons de suite, avec M. Routin, qu'il existe entre ces deux réglages une dépendance mutuelle bien définie ; à une charge déterminée correspond une position bien déterminée de l'organe qui commande l'admission et également une seule position de la touche du rhéostat d'excitation. Et cependant avec les procédés actuels d'exploitation des stations centrales, ces deux réglages s'effectuent indépendamment l'un de l'autre ; il en résulte fatalement une complication absolument inutile qui peut, dans certains cas particuliers, augmenter considérablement les difficultés de l'opération.

Dans le système J.-L. Routin, le réglage électrique et le réglage mécanique sont effectués simultanément par un asservissement spécial.

On conçoit dès lors la possibilité de commander automatiquement le réglage de l'ensemble du groupe, soit par un appareil tachymétrique influencé par les petites variations de la vitesse au voisinage de sa valeur normale, soit par un appareil électrique sensible aux variations du voltage ; mais on peut aussi évidemment, en prenant pour variable indépendante la charge, demander aux variations du courant le soin de mettre en action le mécanisme automatique. La solution du problème devient alors beaucoup plus simple et beaucoup plus efficace. Elle consiste à maintenir un équilibre constant entre le couple moteur et le couple résistant ; le dispositif employé dans ce but par J.-L. Routin constitue l'un des points les plus curieux de son système ; il permet d'obtenir l'isochronisme parfait et voire même l'augmentation de la vitesse avec la charge, tout en assurant une stabilité parfaite.

Il réagit d'ailleurs tout aussi bien contre les variations éventuelles de la pression motrice que contre les variations de la charge du générateur.

Pour bien établir la différence qui existe entre le régulateur électro-mécanique J.-L. Routin et les différents systèmes antérieurement proposés sous le nom de régulateurs électriques, nous croyons devoir présenter tout d'abord en quelques mots l'historique de la question :

Historique. — On a depuis longtemps déjà cherché à créer pour les groupes électrogènes des régulateurs spéciaux. On trouve dans les *Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers* (vol. LXXXI, 1885), une remarquable étude de M. Willans (suivie d'une longue discussion) ayant pour titre « La régulation électrique de la vitesse des machines à vapeur et autres moteurs destinés à la conduite des dynamos ». Le même recueil (vol. CXV, 1895) contient une seconde étude présentée par M. Richardson, « Le réglage mécanique et le réglage électrique des machines à vapeur ». On y trouve décrits différents systèmes qui,

tous, utilisent l'attraction d'un solénoïde sur un noyau aux lieu et place du régulateur à boules, ou encore en combinaison avec cet appareil.

Le principe mis en jeu dans le régulateur Willans est le suivant : lorsque la charge augmente, la vitesse tend à diminuer en entraînant une diminution proportionnelle du voltage qui met en jeu le solénoïde-régulateur; ce dernier agit par l'intermédiaire d'un servomoteur approprié sur l'admission de la vapeur pour ramener le voltage à sa valeur normale. Ce relèvement du voltage est obtenu par une augmentation convenable de la vitesse de la machine.

Ce procédé qui a reçu quelques applications aux machines à courant continu serait évidemment inapplicable à la conduite de nos groupes modernes à courants polyphasés, car il entraînerait dans la fréquence des variations inadmissibles.

De nombreux inventeurs ont imaginé des appareils analogues. M. Willans décrit entre autres ceux de MM. George Lane Fox's, Sawyer et Man, Andrews, Richardson, Carus-Wilson, George Westinghouse, Jamieson, Hiram Maxim, Hartnell.

Tous ces appareils sont basés sur l'emploi d'une sorte de tachymètre électrique; ils n'entrent donc en jeu qu'après l'apparition d'une perturbation dans la vitesse du groupe.

Au cours de la discussion qui suivit la communication de M. Willans, M. Friend Cooper posa nettement le problème résolu tout récemment par M. J.-L. Routin; la réponse qui lui fut faite établit d'une manière indiscutable que la solution était alors considérée comme impossible [1].

L'objection faite au système indiqué en principe par M. Cooper est parfaitement fondée; il est indiscutable que, si l'on employait comme régulateur un appareil mis en action à la manière d'un ampèremètre ou d'un wattmètre, on serait conduit à une instabilité complète pour toute perturbation dans la pression ou pour tout dérangement accidentel amenant une variation de vitesse momentanée.

Nous verrons par la suite que le régulateur électromécanique de M. J.-L. Routin tout en répondant aux desiderata exposés par M. Cooper réagit parfaitement contre les variations de la pression.

DESCRIPTION DU SYSTÈME J.-L. ROUTIN

Pour bien faire comprendre le principe du système, nous décrirons tout d'abord le dispositif correspondant au cas d'une machine à vapeur actionnant une machine dynamo-électrique à courant continu.

A. Cas d'une dynamo a courant continu actionnée par une machine a vapeur. — Dans

---

(1) Ce passage nous paraît intéressant à citer à titre documentaire.

« M. Friend Cooper fit remarquer que tous les régulateurs existants, qu'ils soient centrifuges ou électriques, *sont mis en action par une variation de ce qu'ils devraient maintenir constant* et il demanda s'il ne serait pas possible de modifier le régulateur en alimentant l'électro-aimant en série pour faire varier son action non plus avec le voltage, mais avec l'intensité.

En réponse à cette question, on fit les objections :

.....« Un régulateur électrique destiné à maintenir constante une différence de potentiel entre deux points peut être mis en action par deux causes différentes; variation du nombre de lampes en service ou variation de la pression de la vapeur. Il est facile de concevoir qu'un régulateur du genre de celui qui est suggéré par M. Cooper, pourrait être arrangé de façon à ouvrir la valve d'admission au degré convenable pour le nombre de lampes en service à un moment déterminé, mais un tel régulateur ne pourrait pas réagir contre les variations de la pression de la vapeur. En effet, avec un tel dispositif, lorsqu'on augmente le nombre des lampes en service, c'est-à-dire l'intensité, on augmente l'attraction du solénoïde; et cette action doit faire ouvrir davantage la valve d'admission, mais toute augmentation accidentelle de la pression produisant elle-même une augmentation du courant provoquerait alors l'ouverture complète de la valve. »

la figure 1 qui se réfère à ce cas, C représente le générateur à courant continu, L_1, L_2 les conducteurs reliés au réseau d'utilisation, E le circuit d'excitation (bobinage inducteur de C), R, le rhéostat d'excitation permettant de faire varier (par le déplacement de la touche de contact glissant y) le voltage aux bornes du générateur C.-S est un double solénoïde portant deux bobinages distincts : l'un d'eux est relié en série avec le circuit d'utilisation et parcouru, par conséquent, par le courant principal; l'autre est branché en dérivation aux bornes de la machine avec interposition d'un rhéostat U dont la résistance peut être augmentée ou diminuée par le déplacement d'un contact glissant x. Les connexions sont établies de façon que l'action magnétisante du solénoïde en série s'oppose à l'action, toujours prépondérante, du solénoïde en dérivation. De plus, l'appareil est supposé construit de telle façon que l'attraction du solénoïde sur son noyau soit indépendante du déplacement de ce dernier et ne varie qu'en fonction du nombre total d'ampères-tours agissant dans les bobinages.

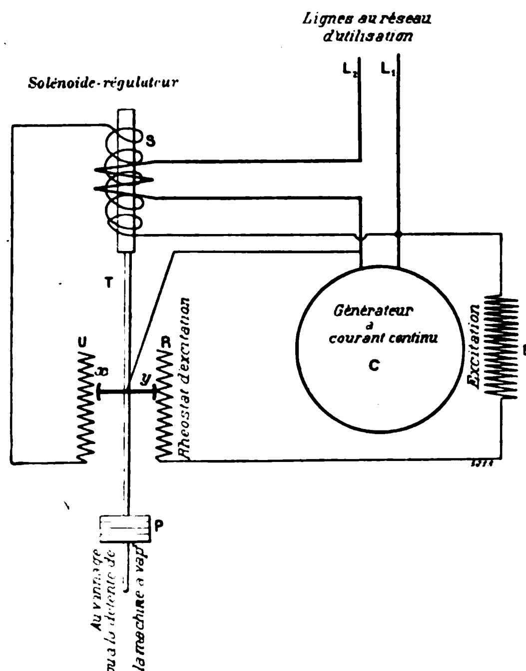


Fig. 1. — Schéma du dispositif de compoundage électro-mécanique J.-L. Routin, appliqué à une dynamo à courant continu.

Le noyau du solénoïde S est prolongé par une tige rigide T reliée au mécanisme qui fait varier l'admission de la vapeur; le mouvement de haut en bas augmente l'admission, le mouvement de bas en haut la diminue.

(En réalité, le noyau S agit sur T par l'intermédiaire d'un servo moteur ; cet appareil auxiliaire n'a pas été figuré pour simplifier les explications.)

La tige T porte en outre les deux contacts glissants x et y dont il a été parlé précédemment. Ces deux contacts sont supposés reliés par un conducteur souple à l'une des bornes de la dynamo. Enfin un poids P tend à entraîner la tige T de haut en bas.

Fonctionnement. — Supposons que pour une certaine charge, la tige T soit à un moment donné en équilibre sous l'influence du poids P et de l'attraction du solénoïde S.

Supposons de plus qu'à cet instant le groupe soit en régime normal, c'est-à-dire que la vitesse et le voltage aient leurs valeurs normales et que l'admission de vapeur corresponde exactement à la charge; cette dernière condition exige évidemment l'égalité entre le couple moteur et le couple résistant.

Pour la clarté de nos explications, nous supposerons tout d'abord la dynamo compoundée d'après les procédés ordinaires; le régulateur n'a plus alors qu'à maintenir l'équilibre entre le couple moteur et le couple résistant.

Toute augmentation de charge équivaut dans cette hypothèse à une augmentation proportionnelle du nombre d'ampères débités par le générateur.

En nous rapportant à ce que nous avons dit plus haut, savoir que l'action magnétisante du solénoïde en série s'oppose à l'action, toujours prépondérante, du solénoïde en dérivation, nous voyons que l'augmentation du nombre d'ampères-tours en série produira une diminution des ampères-tours totaux et par suite une diminution de l'attraction sur le

noyau; il s'ensuit que le poids P entraînera la tige T de haut en bas. Remarquons de suite que ce déplacement entraînera l'augmentation progressive de l'admission.

Mais, d'autre part, comme la tige T entraîne le contact glissant x, la résistance intercalée dans le circuit du solénoïde en dérivation diminue progressivement et suivant une loi absolument arbitraire qui ne dépend que des valeurs des résistances intercalées entre les plots successifs du rhéostat U.

Le mouvement de descente s'arrêtera donc de lui-même dès que l'augmentation des ampères-tours du solénoïde en dérivation aura compensé l'augmentation des ampères-tours du solénoïde en série.

Pour que l'équilibre se trouve automatiquement maintenu entre le couple moteur et le couple résistant il suffira donc d'ajuster les résistances intercalées entre les plots successifs du rhéostat U de telle façon que le mouvement de la tige T soit arrêté dans la position convenable.

Présentées sous forme algébrique, les explications sont plus claires encore. Une augmentation de A ampères dans le débit exige une augmentation de l'admission correspondant à un déplacement t de la tige T. On devra donc ajuster les résistances élémentaires du rhéostat U de telle façon que pour un déplacement t du contact x, l'augmentation du courant dérivé compense l'augmentation du courant principal.

Si nous envisageons maintenant le cas plus général d'une machine shunt, nous voyons immédiatement qu'il suffira d'ajuster les résistances élémentaires du rhéostat R de telle façon que le déplacement de la touche y maintienne le voltage à toutes charges pour être immédiatement ramené au cas particulier d'une machine compoundée d'après les procédés ordinaires en ce qui concerne les explications ci-dessus.

On voit donc que le rôle du régulateur consiste à modifier immédiatement et à la fois l'excitation de la dynamo et l'admission de la machine à vapeur de façon à maintenir le voltage et à rétablir instantanément l'équilibre entre le couple moteur et le couple résistant.

Remarques. — 1. Il est intéressant d'examiner comment se comporte le régulateur aux deux cas limites de la rupture des plombs fusibles ou d'un court-circuit.

Dans le cas de fusion des plombs, la décharge brusque entraînant la disparition des contre-ampères-tours du solénoïde en série fait immédiatement fermer.

Dans le cas d'un court-circuit, les contre-ampères-tours série tendant vers une valeur infinie prennent exceptionnellement la prédominance; le flux magnétique est renversé et la tige remonte, commandant encore la fermeture.

2. Il est également très intéressant d'étudier l'effet produit, à charge extérieure constante, par une perturbation dans le régime du groupe.

Si, pour une raison quelconque, la vitesse du groupe venait momentanément à dépasser la valeur normale, il en résulterait une augmentation proportionnelle du courant dans les deux enroulements du solénoïde régulateur et, par suite, une augmentation de l'attraction qui provoquerait la fermeture. L'inverse se produirait dans le cas où, pour une raison quelconque, la vitesse tomberait momentanément en dessous de sa valeur normale; le système est donc parfaitement stable.

La réalisation pratique de l'appareil peut comporter, suivant les applications, certaines variantes. Nous en indiquerons un certain nombre à titre d'exemples dans la description des dispositifs pour courants alternatifs.

B. Cas d'un générateur a courants alternatifs polyphasés. — Dans le cas d'un géné-

rateur à courants alternatifs, on pourrait encore employer le dispositif précédemment décrit, en adoptant une construction appropriée. M. Routin préfère toutefois (particulièrement dans le cas de générateurs à courants polyphasés) le dispositif d'induction qui permet de faire agir dans le même sens la variation de tension et la fréquence.

Description du dispositif complet pour générateur triphasé conduit par une turbine. — Dans la figure 2, A représente l'alternateur; L_1, L_2, L_3, les conducteurs reliés au réseau d'utilisation; E, le circuit d'excitation (bobinage inducteur de A); *e*, l'excitatrice; *f*, l'excitation de l'excitatrice; R, le rhéostat d'excitation de l'excitatrice permettant de faire varier, par le déplacement de la touche de contact glissant *y*, le voltage aux bornes du générateur A.

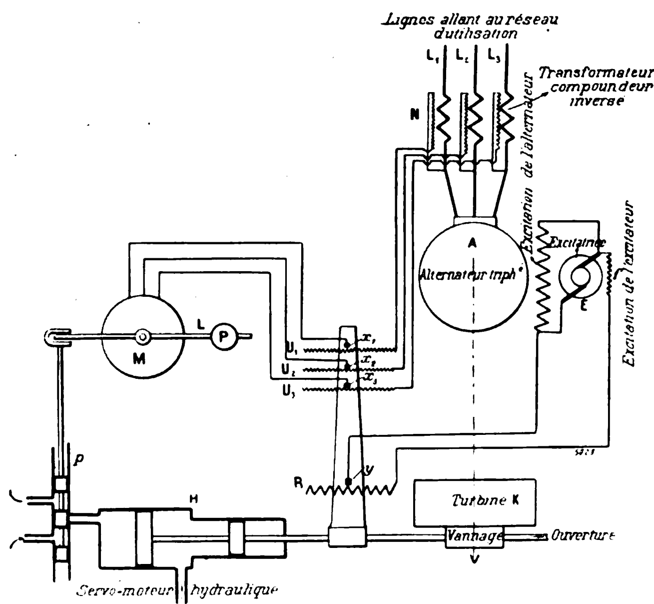


Fig. 2. — Schéma du dispositif de compoundage électro-mécanique J.-L. Routin, appliqué à un alternateur triphasé.

M est un moteur asynchrone disposé de manière à ce que son induit habituellement appelé « rotor » soit maintenu en équilibre sous l'influence du couple moteur et d'un contre-poids P suspendu à l'extrémité d'un levier L fixé à l'arbre du moteur.

La puissance transmise du « stator » au « rotor » est transformée en chaleur dans un rhéostat approprié relié aux bobinages du rotor.

Cette résistance est choisie de façon à être supérieure au produit de la fréquence par la self-induction du rotor. On sait que, dans ces conditions, le couple développé à l'arbre du moteur peut être rendu proportionnel à la fréquence (au voisinage de sa valeur normale).

N est un transformateur dont les circuits primaires sont reliés en série avec les conducteurs L_1, L_2, L_3, qui alimentent le réseau d'utilisation et les secondaires en série avec les résistances U_1, U_2, U_3 entre les bornes du générateur et celles du moteur M. Les connexions sont faites de telle façon que toute augmentation du courant principal entraîne une chute de tension aux bornes de M. — Le transformateur N est ainsi monté en compoundeur inversé.

U_1, U_2, U_3 sont trois résistances intercalées comme il vient d'être dit, et qui jouent le rôle du rhéostat U dans le cas du courant continu.

Les contacts glissants y, x_1, x_2, x_3 sont entraînés par le déplacement du vannage de la turbine. Ce mouvement est obtenu à l'aide d'un servo-moteur hydraulique (figuré schématiquement en H) commandé par le levier L à l'aide de la soupape *p*.

Fonctionnement. — Les explications que nous avons données pcécédemment pour le cas du courant continu permettent de comprendre immédiatement le fonctionnement du dispositif spécial que nous venons de décrire et qui est en tous points semblable au premier.

Toute augmentation de courant dans le réseau d'utilisation entraîne par le jeu du transformateur N une diminution de voltage aux bornes de M. Il s'ensuit, à vitesse constante, une diminution proportionnelle du flux et une diminution du couple qui varie proportion-

nellement au carré du flux. Le contrepoids P fait osciller le levier L qui agit sur la soupape p du servo-moteur hydraulique pour faire ouvrir davantage le vannage.

Mais le déplacement du vannage entraînant les contacts x_1, x_2, x_3 relève progressivement le voltage aux bornes de M.

Si les résistances élémentaires de x_1, x_2, x_3 ont été réglées convenablement (comme il a été dit pour le cas du courant continu), le vannage s'arrêtera au moment précis où le couple moteur atteindra la valeur du couple résistant. Le déplacement de y ramènera d'autre part le voltage à la valeur voulue.

Les figures 3 et 4 représentent des photographies de l'un des premiers régulateurs à champ tournant construits par la maison Grammont, de Pont-de-Chéruy (Isère). Les figures 5 et 6 sont des coupes par l'axe et une vue de face du même appareil.

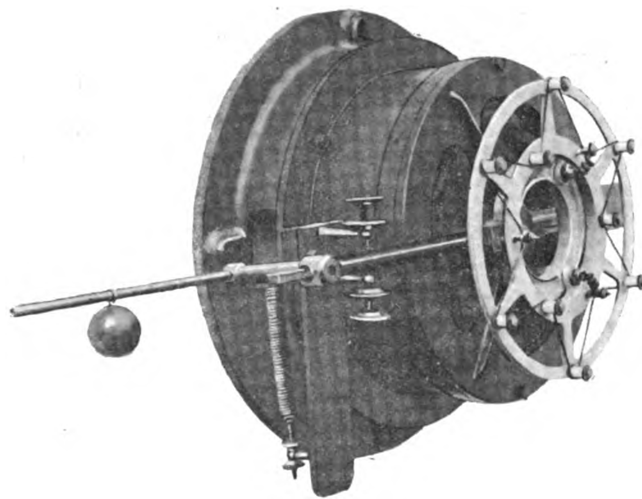


Fig. 3. — Régulateur à champ tournant, système J.-L. Routin.

Remarque importante. — Il est intéressant de remarquer que dans le cas d'un générateur à courants alternatifs à forte réaction d'induit on pourrait, en principe, supprimer le rhéostat U. L'arrêt du mécanisme serait théoriquement obtenu au moment voulu par la simple manœuvre du rhéostat R.

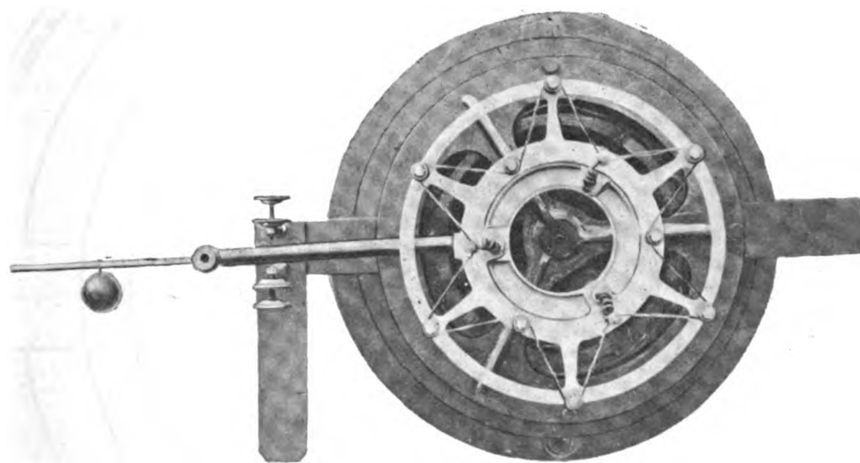


Fig. 4. — Régulateur à champ tournant, système J.-L. Routin.

C. Cas des courants monophasés. — On sait qu'un champ magnétique alternatif peut être décomposé en deux champs de grandeur moitié moindre tournant en sens inverse l'un de l'autre avec une vitesse égale à la fréquence.

Si l'on imprime au système inducteur qui produit le champ un mouvement de rotation ayant précisément ladite vitesse, on obtiendra un champ constant en grandeur et en direction et un champ tournant; ce second champ pourra être utilisé comme précédemment pour la production d'un couple proportionnel au carré du flux et à la fréquence.

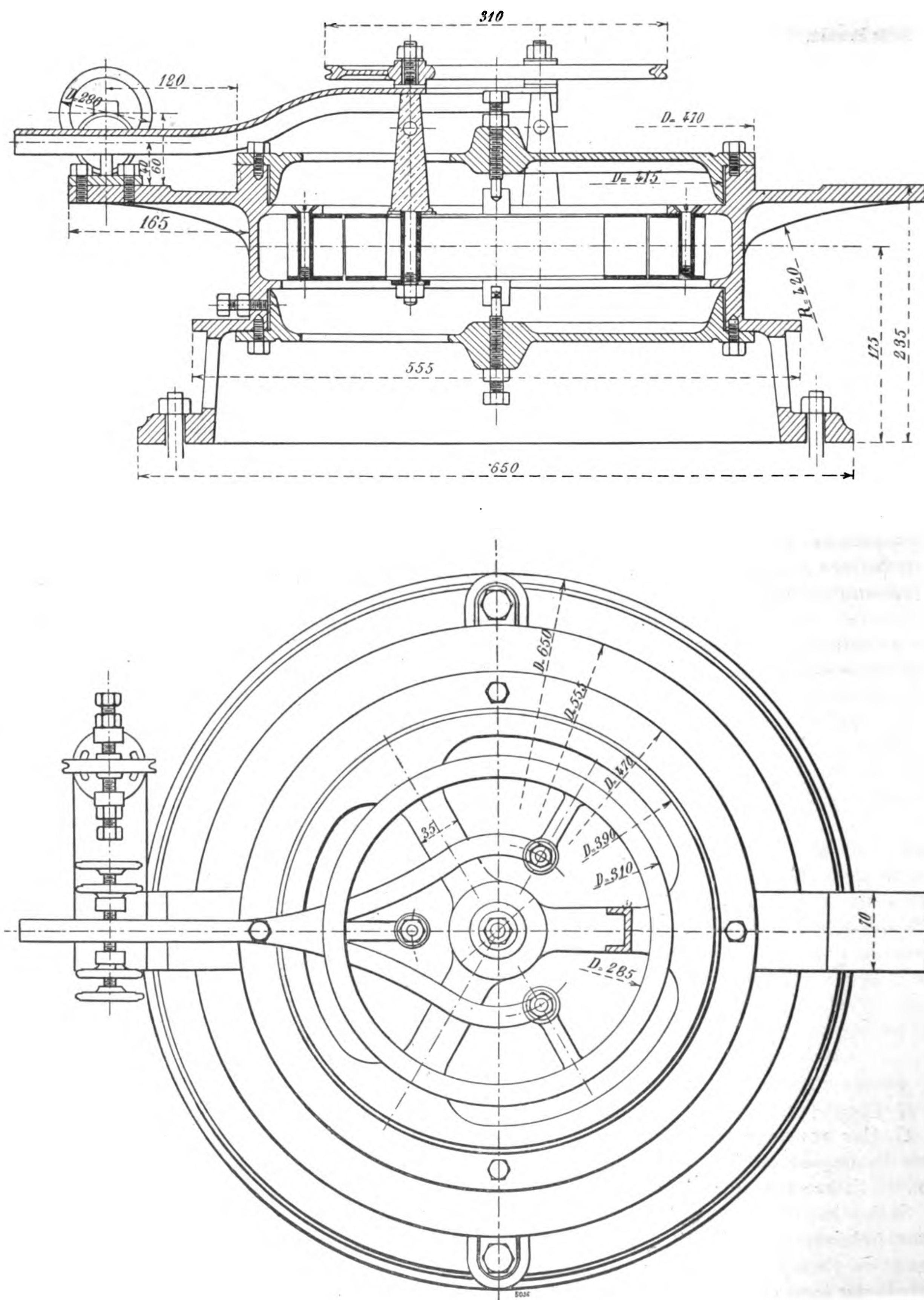


Fig. 5 et 6. — Coupe par l'axe et vue de face d'un régulateur J.-L. Routin à champ tournant.

Le couple développé reste d'ailleurs le même si l'on fait tourner l'induit en laissant l'inducteur libre d'osciller autour de l'axe de rotation.

C'est cette disposition qui est représentée par les figures 7 et 8.

Il est un induit analogue aux rotors des moteurs asynchrones, entraîné mécaniquement par le moteur du groupe à l'aide d'une cordelette *c* passant sur la poulie *p*.

JJ est un inducteur analogue aux stators des moteurs asynchrones, mais présentant cette particularité qu'au lieu d'être fixé au socle de l'appareil, il est disposé à l'aide des étriers *ee* et des pointes $\pi\pi$ de façon à pouvoir osciller autour de l'axe de rotation du rotor. Cet inducteur porte le levier L_1L_2 dont le rôle a été précédemment défini.

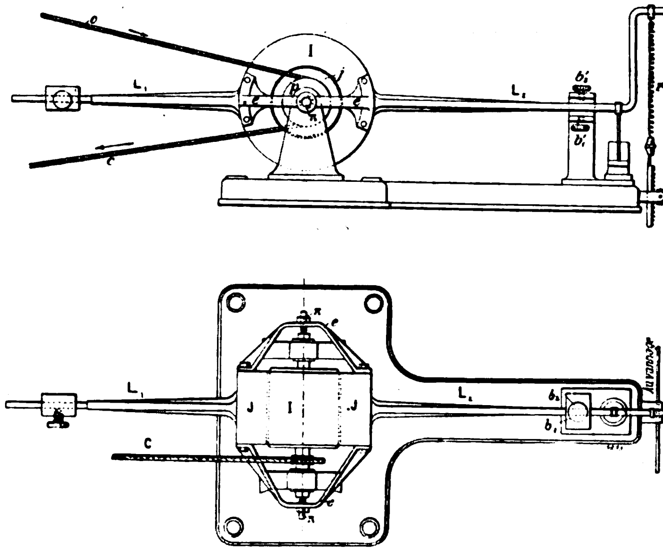


Fig. 7 et 8. — Régulateur électro-magnétique J.-L. Routin, pour courants alternatifs simples.

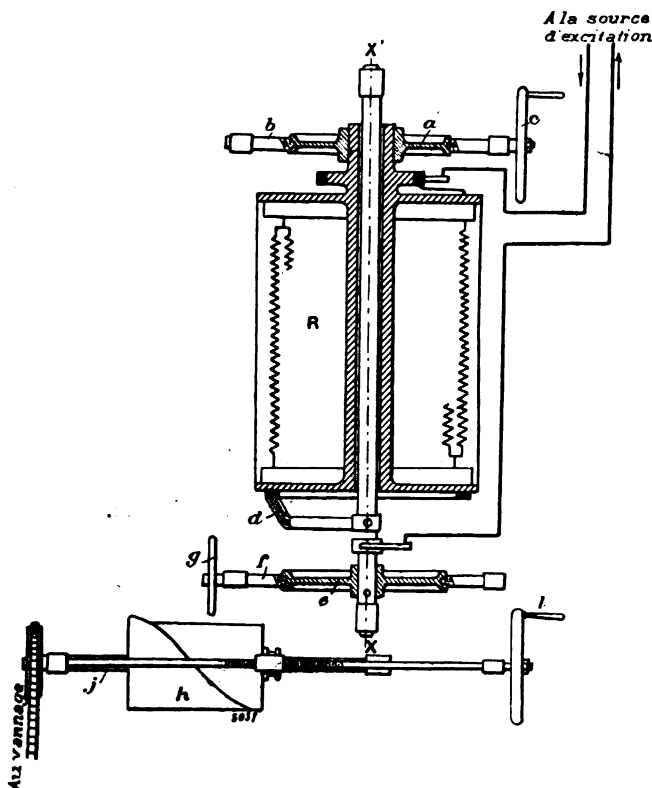


Fig. 9. — Rhéostat à fonctionnement automatique du régulateur électro-mécanique J.-L. Routin.

D. Disposition pratique du rhéostat d'excitation. — Lorsque le groupe doit desservir pendant le jour un service de transport d'énergie, et, pendant la nuit, un service d'éclairage, il y a lieu de prévoir un dispositif spécial permettant, à charges égales, de donner une excitation plus forte lorsque le générateur travaille sur le transport d'énergie.

Il est, d'autre part, indispensable pour la mise en marche d'un groupe électrogène ou pour son accouplement avec d'autres unités en service, de pouvoir agir momentanément sur le rhéostat sans avoir à toucher au vannage de la turbine (ou à l'admission de la machine à vapeur).

La disposition représentée schématiquement sur la figure 9 répond à ces besoins dans le cas le plus général.

Le rhéostat R affecte la forme d'un tambour circulaire ; il peut être déplacé à la main autour de son axe xx' à l'aide de la roue dentée *a*, de la vis tangente *b* et du volant de manœuvre *c*.

L'axe du rhéostat xx' qui porte la touche de contact *d* peut être lui-même entraîné par

le mouvement du vannage à l'aide de la roue dentée *e*, de la vis tangente *f*, de la roue à friction *g* et du tambour de friction *h* qui peut glisser le long de l'axe *j* qui lui communique le mouvement du vannage.

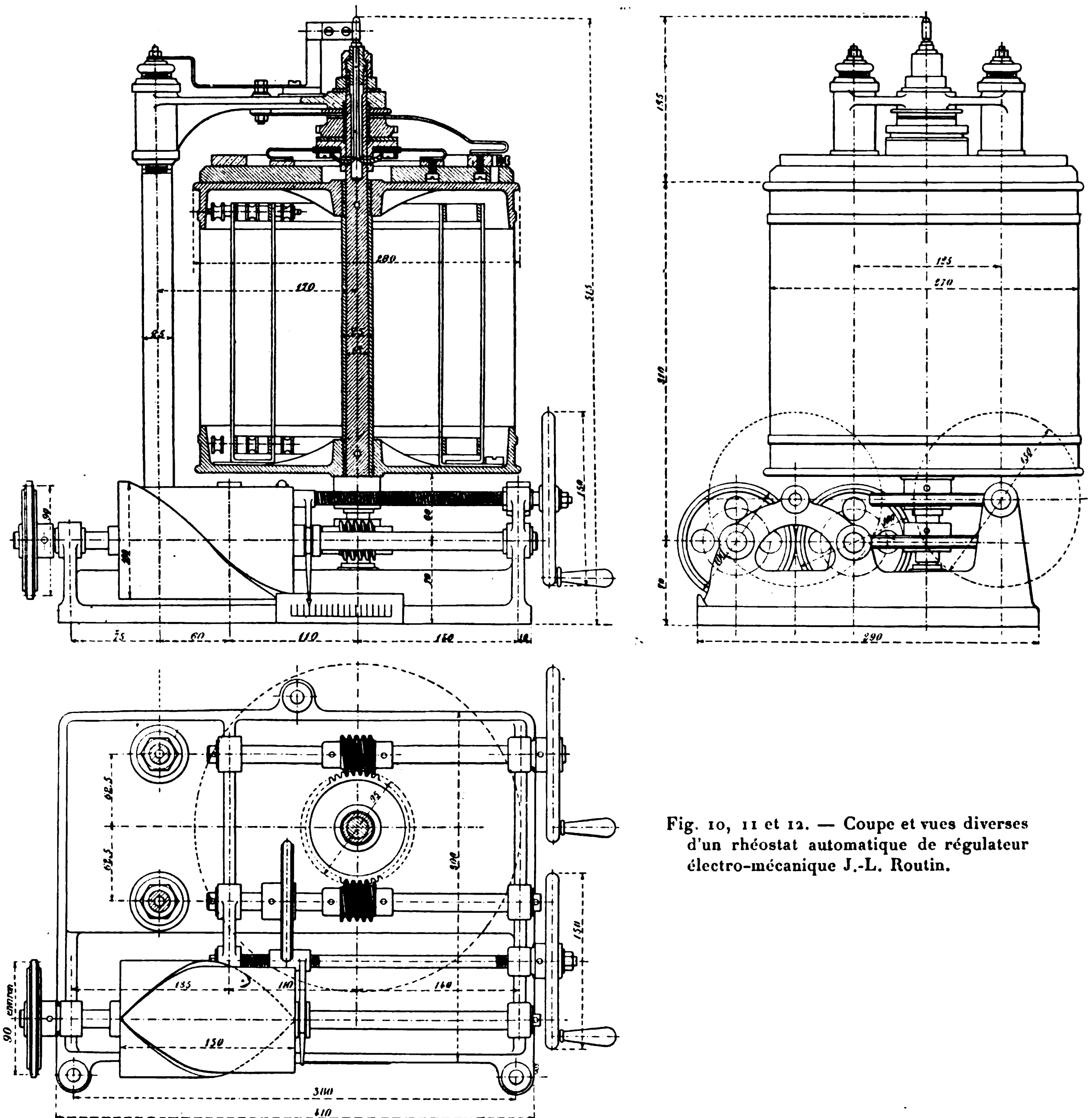


Fig. 10, 11 et 12. — Coupe et vues diverses d'un rhéostat automatique de régulateur électro-mécanique J.-L. Routin.

Le tambour *h* présente à sa surface une partie en saillie limitée par une hélice. La saillie seule venant en prise avec la roue, il s'ensuit que chaque tour de l'axe *j* imprimera à l'axe

du rhéostat un déplacement plus ou moins grand suivant la position du tambour *h* sur l'axe ; on règle cette position en agissant sur le volant de manœuvre *l*.

La figure 13 représente une vue d'un rhéostat de ce genre construit par la maison

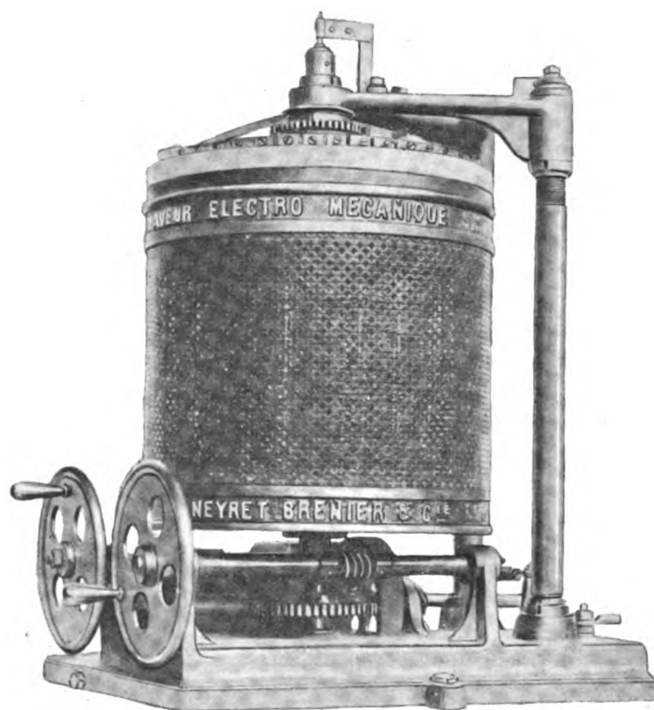


Fig. 13. — Rhéostat automatique du régulateur électro-mécanique J. L. Routin.

A. Grammont pour MM. Neyret, Brenier et Cie, de Grenoble, concessionnaires exclusifs pour les applications aux turbines hydrauliques du brevet français de M. Routin. Les figures 10, 11 et 12 sont des coupe et vues en plan et en élévation de ce même appareil.

(*A suivre*).

C.-F. Guilbert.

MÉTHODES DE MESURES

MODIFICATION DE L'ESSAI DE BLAVIER

L'essai de Blavier n'est applicable que dans un nombre de cas assez limité ; il faut que la résistance du défaut soit du même ordre de grandeur que celle de la ligne et il faut avoir soin de maintenir constant le courant de la pile qui traverse le défaut ; or, cette condition est difficile à réaliser, parce que le bout opposé de la ligne est tantôt isolé, tantôt à la terre. M. Walter J. Murphy (1) s'est proposé de modifier cet essai de façon à réduire l'inconvénient ci-dessus et à exiger le minimum d'assistance au bout opposé de la ligne.

(1) *The Electrician*, Londres, p. 953, t. XLVII, 11 octobre 1901.

La modification de la méthode consiste à ajouter, à l'extrémité de la ligne opposée à celle où se trouve l'opérateur, une résistance r, intercalée en permanence entre la terre et la ligne (fig. 1). La résistance r peut être constituée par le galvanomètre récepteur lui-même, de sorte que la communication entre les deux postes reste établie.

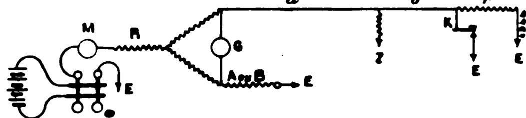


Fig. 1.

Les choses étant disposées suivant le schéma (fig. 1), la résistance A ou B, de la branche variable du pont étant mise à la terre, on mesure d'abord A en fermant la clef K à la terre. Si nous appelons a et b les deux segments de la ligne, avant et après le défaut z, la résistance L de la ligne est :

$$L = a + b,$$

et la mesure donne :

$$A = a + \frac{bz}{b + z};$$

ensuite, si on ouvre la clef K, la résistance r s'ajoute à b et la seconde mesure donne :

$$B = a + \frac{(b + r)z}{b + r + z}.$$

Des deux valeurs mesurées, A et B, il est facile de tirer b, qui est proportionnel à la distance du défaut au bout de la ligne ; en effet, posons :

$$f_1 = L - A = b - \frac{bz}{b + z} = \frac{b^2}{b + z},$$

$$f_2 = L + r - B = b + r - \frac{(b + r)z}{b + r + z} = \frac{(b + r)^2}{b + r + z},$$

il vient, en éliminant z,

$$\frac{f_2}{f_1} b^2 = (b + r)^2 - f_2 r,$$

que l'on peut écrire, en appelant :

$$n = \frac{f_2}{f_1},$$

$$n^2 b^2 = b^2 + 2br + r^2 - f_2 r,$$

et :

$$b = \frac{r}{n - 1} + \sqrt{\frac{r}{n - 1}\left(\frac{r}{n - 1} + r - f_2\right)}.$$

Quand $n = 2$, la formule se simplifie et devient :

$$b = r + \sqrt{2r^2 - rf_2}.$$

La condition $n = 2$ se réalise assez facilement, grâce à la présence de la résistance r ; en effet, prenons le cas limite où z, la résistance du défaut, est égal à la résistance du segment b de la ligne, nous voyons que $n = 2$ quand $r = 0,618\ b$. Au contraire, quand z est très grand, il faut avoir $r = 0,414\ b$. Par suite, une première approximation ayant donné la valeur grossière de b, il suffit de régler r dans les limites ci-dessus, pour que n soit voisin de 2 et les conditions expérimentales aussi favorables que possible.

La méthode ainsi modifiée est une méthode de faux zéro ; il faut, avant d'envoyer le

courant de la pile, noter la déviation du galvanomètre, causée par le courant terrestre, et maintenir cette déviation constante pendant le réglage de la branche A ou B.

Le courant envoyé par la pile dans le défaut z devant être constant, que K soit ouvert ou fermé, afin de ne pas modifier la résistance apparente du défaut, il faut régler ce courant à l'aide du milliampèremètre M et de la résistance R. Il est facile de démontrer que cette condition est remplie quand les intensités I_A et I_B, lues sur le milliampèremètre dans les deux cas, sont dans le rapport :

$$I_B = I_A \frac{A - a}{B - a}.$$

Il faut toujours relier la ligne au pôle zinc de la pile, le pôle cuivre étant à la terre.

On augmente la sensibilité de la méthode, en ajoutant, entre le bout de la ligne et la clef K, une petite résistance r' (fig. 2). Il faut alors prendre $L + r'$ pour la résistance de la ligne et soustraire r' du résultat pour obtenir b.

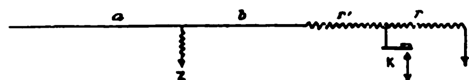


Fig. 2.

Il est bon, dans le cours de l'essai, de connaître z; on calcule cette résistance par la formule :

$$z = \frac{b^2}{f_1} - b.$$

La manipulation se fait de la façon suivante. Ayant une première idée grossière de b, l'opérateur invite la station extrême à ajouter la clef K et la résistance r, celle-ci étant choisie égale à environ la moitié de b. Ensuite, pendant environ 10 minutes, la clef K doit être élevée et abaissée alternativement toutes les minutes. Pendant ce temps, les mesures de A et B sont faites à la station de départ, le courant d'essai étant réglé à une valeur aussi haute que possible, sans dépasser le point où la résistance z devient instable. Quand on passe de A à B, il faut régler le courant suivant le rapport indiqué plus haut, afin que l'intensité dans le défaut soit toujours constante ; grâce à la présence de r ceci suppose un rapport de 2 à 3 seulement entre les intensités lues sur le milliampèremètre.

Sur les dix lectures prises dans ces conditions, on choisit les deux ou trois plus faibles valeurs observées afin de calculer n.

H. Armagnat.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

DISTRIBUTION

Système d'installations intérieures au moyen de tubes, par **A. Peschel**. Communication du 28 janvier 1902, à la Société Electrotechnique de Berlin, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 202, 6 mars 1902.

D'après les prescriptions de l'Association des Électriciens Allemands (Verband Deutscher Elektrotechniker), les conducteurs à haute tension doivent être entourés d'une enveloppe conductrice reliée à la terre.

Un excellent moyen de protéger les conducteurs est de les placer dans des tubes métalliques reliés à la terre.

Mais l'emploi de ce procédé présente plusieurs difficultés.

On a songé à utiliser des tubes à eau ou à gaz, mais les parois rugueuses de ces tubes détériorent fortement les isolants des conducteurs pendant le tirage et amènent des accidents fréquents.

On a été ainsi conduit à employer des tubes en métal poli (en laiton, la plupart du temps), ou en fer émaillé à l'intérieur et à l'extérieur, et placés dans ou sur le revêtement des murs. Mais, d'une part, ces tubes sont fort coûteux, et d'autre part, ils sont assemblés entre eux par des vis, comme les tubes de gaz et de vapeur, et les contacts ainsi obtenus sont trop mauvais pour qu'on puisse utiliser les tubes comme enveloppe protectrice mise à la terre.

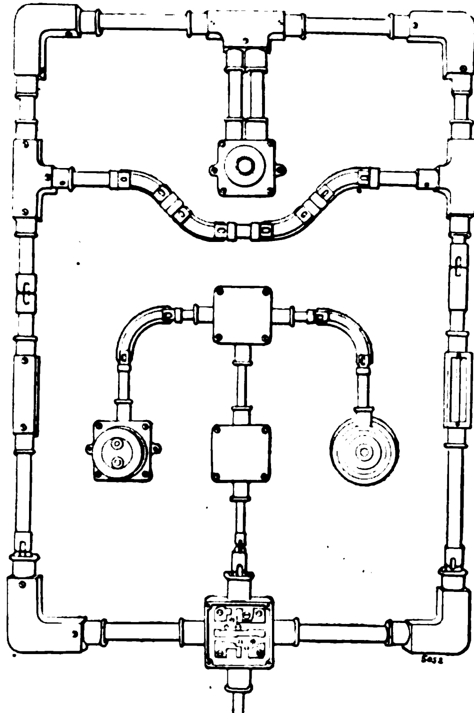


Fig. 1.

L'auteur a étudié et livré au commerce un système de tubes, de prix très réduit, de montage facile, assurant un contact parfait entre les divers éléments, ce qui permet de l'employer à volonté, soit seulement comme tubes de protection mécanique, soit comme enveloppe protectrice mise à la terre ou même comme conducteur de retour ou conducteur neutre d'un réseau 2 × 220 volts.

On sait, en effet, que le montage des conducteurs isolés à l'intérieur de tubes métalliques ne présente aucun inconvénient : d'autre part, la pratique a démontré, contrairement à l'opinion autrefois admise, qu'on peut établir en fil nu et faire pénétrer sous cette forme, jusqu'aux appareils d'éclairage, le conducteur médian d'une distribution à trois fils, ce qui est réalisé, en particulier, à Stuttgart.

Dans le système décrit par l'auteur (fig. 1) les tubes sont en tôle d'acier étamé à l'intérieur et à l'extérieur, et sont fendus longitudinalement : l'assemblage se fait au moyen d'un manchon dans lequel le tube est serré ; la fente longitudinale se ferme un peu et le tube formant ressort est ainsi en très bon contact avec l'intérieur du manchon, dans lequel on l'enfonce de la quantité voulue. Le joint est indépendant de l'attention du monteur, et comme il n'y a pas à prendre de pas de vis dans l'épaisseur du tube, ce dernier peut être en feuille mince et par suite très peu coûteux. La fabrication des tubes se réduisant simplement à l'obtention de la forme circulaire, et ne comprenant pas de soudure, est elle-même très économique. La fente facilite la ventilation et ne présente pas généralement d'inconvénient : dans le cas où elle pourrait être dangereuse, on la ferme facilement au moyen d'une bande de plomb, présentant la section d'un rail à double champignon (fig. 2), qui n'empêche pas le tube de faire ressort comme auparavant.

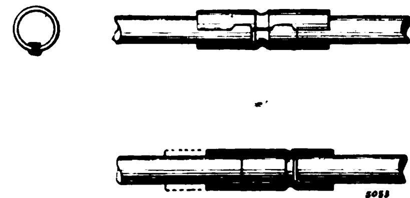


Fig. 2 à 4.

Dans le cas de l'emploi des tubes comme conducteur de retour ou conducteur médian d'un réseau à trois fils, il peut arriver que la section du tube soit trop faible pour l'intensité du courant qui doit le parcourir : au lieu de renforcer le tube en conséquence, ce qui serait coûteux et le rendrait incommode à employer, il vaut mieux lui adjoindre en parallèle un conducteur nu, soit fixé au mur près du tube, soit tiré à l'intérieur du tube en même temps que le fil isolé, en tout cas relié à ce tube en des points convenables.

La figure 3 donne la vue d'un manchon ordinaire d'accouplement, également en tôle d'acier étamé sur les deux faces, comme toutes les

pièces de cet appareillage, présentant une gorge au milieu, et deux trous qui permettent de se rendre compte de l'enfoncement des tubes. Ceux-ci sont construits pour les calibres 8, 12, 16, 21 et 26 mm, qui suffisent pour tous les cas. Le tube de 8 mm suffit pour le cas d'une installation à un seul fil, et son emploi est commode et peu coûteux.

Pour assembler deux tubes dont les deux autres extrémités sont déjà fixées, on emploie le manchon spécial (fig. 4), dont l'utilisation est recommandable à cause de la facilité qui en résulte de remplacement des tubes en cas de besoin ; pour deux tubes d'inégal calibre on se sert du manchon de réduction (fig. 5), dans lequel le tube le plus petit est placé à l'intérieur et le tube le plus gros à l'extérieur.

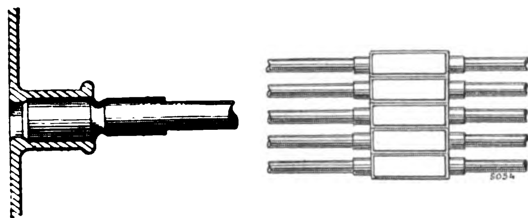


Fig. 5 et 6..

Après de longs tubes en ligne droite ou après un certain nombre de coudes, il est nécessaire de rendre le fil accessible sans cependant employer de grandes boîtes. On a alors recours aux « boîtes intermédiaires », dont la largeur dépasse très peu celle des tubes ; il est préférable de mettre une boîte par tube, plutôt qu'une seule boîte pour différents tubes parallèles (fig. 6).



Fig. 7 à 10.

Les figures 7, 8, 9 et 10 représentent des pièces coudées sous divers angles, formées de deux feuilles de tôles, réunies par des frettes et terminées par deux prolongements en forme de manchon dans lesquels viennent s'emboîter les tubes : ces coudes sont extrêmement commodes pour l'assemblage des tubes et permettent de franchir élégamment et facilement les différents obstacles comment le montrent les figures 11 à 16, tout en n'opposant qu'une faible résistance au tirage des câbles.

Pour les angles droits, on emploie des « boîtes d'angle », à trois couvercles respectivement pour les faces intérieure, extérieure et

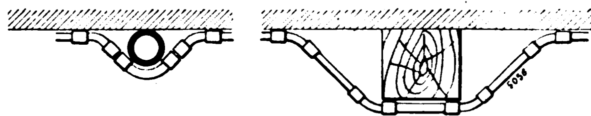


Fig. 11 et 12.

supérieure (fig. 17) ; pour les branchements et diverses dérivations, des boîtes analogues à celles des autres systèmes de tubes (fig. 18 à

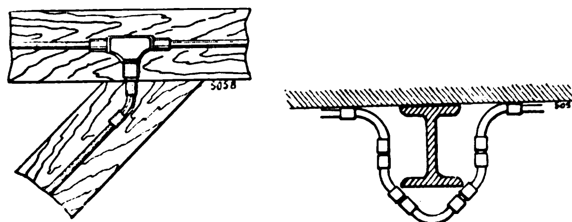


Fig. 13 et 14.

23) ; ces boîtes peuvent en même temps servir de support aux prises de courants et autres

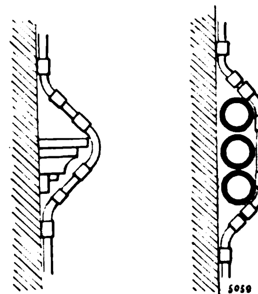


Fig. 15 et 16.

appareils et sont munies d'une ouverture pour la sortie des fils (fig. 24), et d'un couvercle

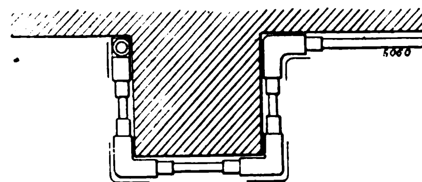


Fig. 17.

spécial destiné à supporter les suspensions ou les appliques (fig. 25 et 26).

Pour la traversée des plafonds, il est prudent

de protéger le tube contre l'eau de lavage en le recouvrant d'un tuyau de gaz (fig. 27).

Dans un montage, il se présente des cas où

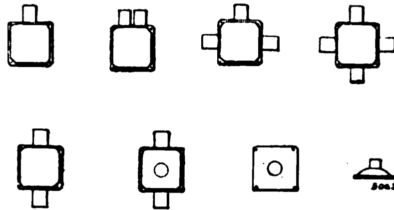


Fig. 18 à 25.

les tubes doivent être pliés dans différents sens, ce qu'il est impossible d'obtenir avec des tubes

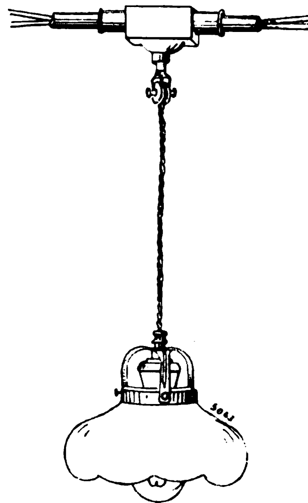


Fig. 26.

fendus : pour ce cas, l'auteur emploie des tubes sans soudure, formant manchon à leurs deux extrémités (fig. 28), et suffisamment mous pour

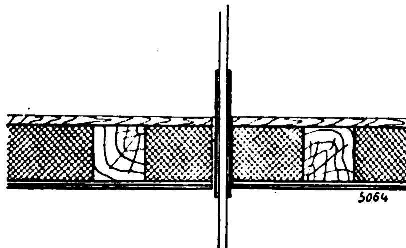


Fig. 27.

se plier à toutes les exigences du monteur, comme par exemple dans le cas de la figure 29.

Pour éviter les boîtes d'angle, on peut employer le dispositif de la figure 30 (alimentation d'un lustre).

La figure 31 montre la traversée d'un mur ; d'un côté se trouve une boîte servant de support



Fig. 28.

à un interrupteur et fixée dans le mur par un tampon de bois, de l'autre côté une simple pièce en forme de double T.

Dans la figure 32 est représentée une boîte

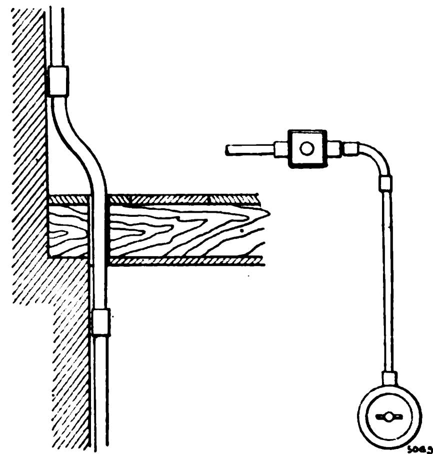


Fig. 29 et 30.

de branchement pour distribution à 3 fils, 2 × 220 V, avec conducteur neutre nu et relié à la masse de la boîte, la prise de courant s'effec-

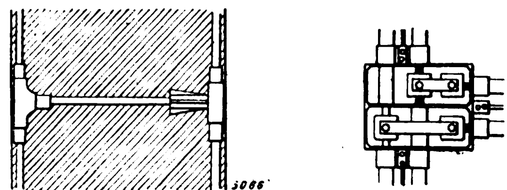


Fig. 31 et 32.

tuant sans soudure au moyen de pinces de contact Siemens et Halske.

Quand les tubes sont employés comme conducteurs de mise à la terre pour les installations à courant continu, il faut veiller à ce qu'ils soient bien reliés entre eux ; on y arrive en utilisant des connecteurs de tubes, c'est-à-dire des manchons en fonte, serrés d'une part sur les

tubes, d'autre part sur un conducteur nu (fig. 33). Jusqu'à 6 ampères les tubes peuvent être employés seuls comme conducteurs; pour des intensités plus élevées on ajoute en parallèle un fil nu de section convenable.

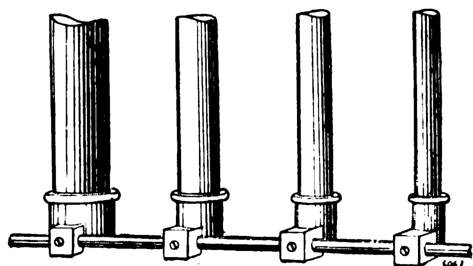


Fig. 33.

L'auteur recommande de placer les dérivations des différentes prises de courant les unes

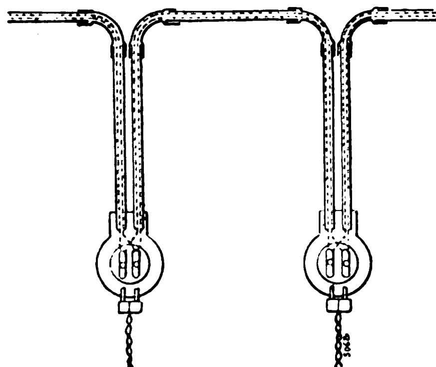


Fig. 34.

sur les autres, à la prise de courant elle-même et non près du plafond, les prises de courant

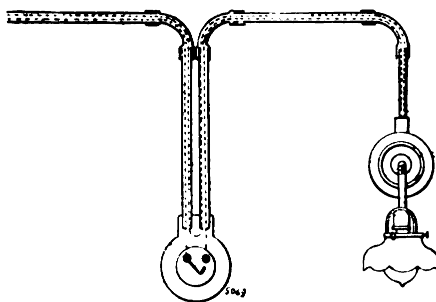


Fig. 35.

sont alors reliées par des tubes en forme d'U (fig. 34); de même pour les interrupteurs (fig. 35); si les tubes servent de conducteurs, il

Tableau comparatif de la dépense d'installation d'une villa d'après différents systèmes. — Frais d'installation.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tube isolant avec armature d'acier.			Tube isolant avec revêtement en laiton.			Poulies de porcelaine sur pilons.		Nouveau système avec tubes d'acier.	
	2 ou 3 fils isolés dans le tube.	1 ou 2 fils isolés, 1 fil nu dans le tube.	1 ou 2 fils isolés dans le tube, 1 fil nu accroché près du tube.	2 ou 3 fils isolés dans le tube.	1 ou 2 fils isolés, 1 fil nu dans le tube.	1 ou 2 fils isolés dans le tube, 1 fil nu accroché près du tube.	2 ou 3 fils isolés.	1 ou 2 fils isolés 1 fil nu accroché.	2 fils par tube. Tubes comme protection mécanique.	1 fil par tube. Tubes servant de conducteur neutre mis à la terre.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
	7 063,75	6 983,75	6 653,75	5 125 »	5 201,25	4 872,50	4 058,75	2 693,75	5 252,50	4 026,25
Prix des conducteurs.										
C. moyennement isolé.	1 099,80	»	654,15	1 099,80	»	654,15	1 099,80	654,15	»	»
C. très bien isolé.	»	1 099,05	»	»	1 099,05	»	»	»	1 982,75	1 250,30
C. nu	»	258,40	370 »	»	258,40	370 »	»	370 »	»	72,70
Total	1 099,80	1 357,45	1 024,15	1 099,80	1 357,45	1 024,15	1 099,80	1 024,15	1 082,75	1 323 »
Dépense totale.										
	8 163,55	8 341,20	7 677,90	6 224,80	6 558,70	5 896,65	5 158,55	3 717,90	7 235,25	5 349,25

faut les relier entre eux, aux prises de courant, soit au moyen de boites, telle que celle de la figure 19, soit au moyen des pièces représentées (fig. 36 et 37).

Quand on emploie des interrupteurs montés sur porcelaine et présentant déjà des manchons d'entrée et de sortie des fils, on peut recourir



Fig. 36 et 37.

soit à une boîte en double T (fig. 38), soit à deux coudes ordinaires (fig. 39), mais dans ce dernier cas il faut relier les tubes entre eux par un dispositif tel que celui de la figure 36.

D'après l'auteur, on doit employer le système à tubes décrit plus haut comme :

Enveloppe protectrice mise à la terre, pour les courants alternatifs simples et polyphasés ;

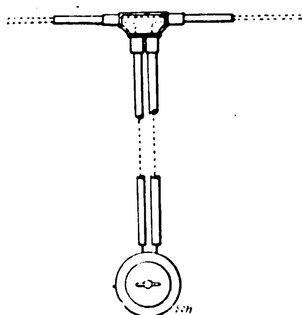


Fig. 38.

Conducteur, sous certaines conditions, dans quelques installations à courant alternatif simple ;

Enveloppe protectrice mécanique, pour les installations à courant continu, 2 fils ;

Conducteur neutre mis à la terre, dans les installations à courant continu, 3 fils, 2×220 V, par exemple ; dans ce dernier cas, les tubes servent de conducteur neutre jusqu'à l'appareil d'éclairage, auxquels ils sont reliés électriquement ;

Conducteur de retour relié aux rails, d'une installation d'éclairage, fonctionnant en parallèle avec des tramways.

Comme conclusion l'auteur donne un tableau comparatif des dépenses d'installation électrique d'une villa, dans différents systèmes. (Tableau I, page précédente).

Ce tableau montre que le système de l'auteur est plus économique que les systèmes analo-

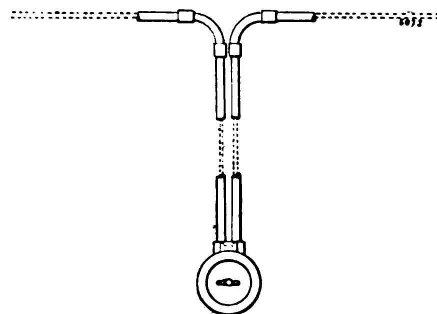


Fig. 39.

gues, bien qu'on ait employé du fil mieux isolé que dans ces derniers [1].

A. M.

---

[1] Discussion. — Cette communication a été suivie de la discussion suivante :

Dr Passavant. Rien à dire contre le système d'emploi des tubes en lui-même : il paraît excellent comme mode de protection des conducteurs avec ou sans mise à la terre. Mais au point de vue de son emploi comme conducteur, il y a différentes objections à faire.

A Stuttgart, le fil neutre est partout et toujours nu et à la terre, et l'installation se comporte fort bien ; mais dans une autre ville, où le mode d'installation est exactement le même, le conducteur médian en fil nu donne lieu à toutes sortes sortes d'ennuis et est très décrié.

Les deux résultats contradictoires semblent s'expliquer par le fait que le mortier employé dans les deux villes est très différent : à Stuttgart, on se sert de mortier de plâtre, tandis que dans la seconde ville, on emploie un mortier de chaux très caustique ; les conducteurs nus ayant toujours une certaine tension électrique par rapport au mur, il en résulte, surtout dans les locaux humides, des courants faibles entre câble et terre, suffisants pour amener à la longue des dégradations électrolytiques considérables ; à tel point qu'il ne semble pas y avoir lieu de tenter l'emploi du fil nu à Berlin, où l'on emploie beaucoup de mortier très caustique.

C'est ce qui fait craindre des ennuis, dans beaucoup de cas, avec les tubes utilisés comme conducteurs électriques.

Le Dr Weber ayant exprimé la crainte que le mortier ne pénètre dans le tube par la fente et ne vienne attaquer, sous l'action de l'humidité, le caoutchouc qui constitue l'isolant du conducteur intérieur, M. Peschel répond que :

1° Il ne croit pas que le mortier puisse attaquer le caoutchouc, étant donné qu'on ne tire les conducteurs dans le tube que quand le mur est sec, et qu'en tirant les conducteurs avec des câbles métalliques, on expulse le mortier qui aurait pu pénétrer par la fente ;

2° Pour les cas exceptionnels, où cette attaque serait

TRACTION

Prise de contact Bède.

Nous avons déjà décrit cette ingénieuse prise de contact [1]; les expériences qui se poursuivent à Bruxelles ont amené l'inventeur et ses conseils à introduire dans l'équipement électrique de la voie quelques perfectionnements de détail qui ne modifient point le système, mais contribuent à mieux assurer la stabilité des appareils de l'isolement du câble conducteur du courant.

Au lieu d'être logé, comme autrefois, dans une enveloppe rectangulaire, formée de deux cornières en fer renversées l'une sur l'autre, ce câble est maintenant renfermé dans des tubes de fer réunissant les boîtes contenant les organes de contact : cette disposition permet de placer le câble dans le sol à un niveau inférieur, ainsi qu'on le voit sur les figures 2, 3 et 5. Il pénètre dans les boîtes au tiers environ de leur hauteur, en *a*, et communique avec le contact *i* par les colonnes *h*, reliées entre elles par le plomb fusible *g*; le bouchon de caoutchouc *m* élastique, étanche et isolant, qui constitue l'élément essentiel du système, n'est pas modifié. L'ornière dans laquelle glisse la *charrue*, est formée par l'intervalle laissé libre entre le rail Vignole *t* et le contrerail *u*, dont les patins se touchent et trouvent une assiette solide sur la plaque *s* : cette ornière est ainsi rendue absolument irrétrécissable.

Ce nouveau dispositif a pour effet de rendre les pièces de contact indépendantes du câble sur lequel elles sont branchées en dérivation ; de plus, un court-circuit qui se produirait au contact, par accident ou par mauvaise volonté, ne pourrait avoir d'autre conséquence fâcheuse que la fusion du plomb ; le câble est donc protégé contre le contact et le contact est protégé contre tout courant d'une intensité dangereuse. C'est une question de réglage de ce plomb ; celui-ci est renfermé dans la cartouche *g*, bour-

---

à craindre, il a prévu et décrit plus haut un système de bandes de plomb obturant la fente des tubes, sans gêner le montage.

A la suite de la publication dans l'*E.T.Z.*, M. Hazemeyer, d'une part, et M. Seubel, d'autre part, ont fait les observations résumées ci-dessous :

M. F. Hazemeyer (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 307, 3 avril 1902, indique que les deux stations centrales d'Enschede et de Hengels (Hollande), installées par la maison Hofstede, Crull et Wilbink, sont à trois fils, 2 × 220 volts, en courant continu ; le conducteur médian est nu et relié à la terre jusqu'auprès des appareils d'utilisation. Ce conducteur présente une section minimum de 7 mm², et est constitué, tantôt par du fil massif, tantôt par une cuirasse métallique entourant les conducteurs isolés.

Les résultats, tant économiques que techniques, constatés depuis un an et demi, sont pleinement satisfaisants, bien que les villes indiquées plus haut soient très humides, et il semble par suite que le système puisse être appliqué dans de bonnes conditions dans l'Allemagne septentrionale.

M. Ph. Seubel (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 356, 17 avril 1902), fait à ce sujet les différentes remarques qui suivent :

1° Le procédé présenté comme nouveau par M. Peschel a déjà été indiqué. il y a quelques années, par une maison anglaise, « The Simplex Steel Conduit Co Ltd », qui donne dans son catalogue nombre de figures absolument identiques à celles de l'article de M. Peschel, et utilise comme lui des tubes en acier fendus longitudinalement, emboîtés dans des manchons tubulaires où ils forment ressort.

2° Le système Peschel est très compliqué dans certains cas, et n'utilise pas moins de 15 pièces en manchons pour le franchissement d'une poutre en T ou d'autre forme, franchissement que le système Bergmann opère avec un simple tube courbé d'une façon convenable à froid sur le lieu de l'emploi.

3° La présence de la fente longitudinale dans des tubes appliqués sur des murs, constitue un grand danger, car c'est un fait d'expérience que le caoutchouc se modifie sous l'influence de la chaleur et de l'humidité et perd ses propriétés isolantes ; il serait donc bon d'attendre la confirmation de l'expérience relativement à la prétendue sécurité du tube fendu Peschel ; au contraire, les tubes Bergmann ont déjà fait leurs preuves dans nombre d'installations de locaux humides, tels que brasseries, caves de fermentation ou de dépôt, etc.

4° L'emploi de fil nu, enfermé avec des conducteurs isolés dans des tubes métalliques pour augmenter la conductibilité du circuit de retour formé par les tubes dans le cas d'une installation à trois fils, est dangereux ; le caoutchouc se détériore par le temps, et un court-circuit peut se produire, donner naissance à un arc et allumer un incendie, accident déjà démontré par l'expérience.

5° L'économie réalisée par le système Peschel par suite de la suppression de l'isolant dans les tubes est évidente ; mais ce n'est pas là une question absolument importante dans le cas d'une installation où il faut préférer le meilleur au plus économique, et d'ailleurs, il reste à voir si les liquides caustiques contenus dans les murs ne détruiront pas rapidement l'acier nu, rendant illusoire le bon marché d'installation signalé.

A. M.

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXI, p. 201 ; 11 novembre, 1899.

rée d'une matière pulvérulente spéciale, dont le rôle est de couper l'arc qui pourrait s'amorcer entre les pôles *h*. Nous estimons que cette mise en dérivation du contact par l'intermédiaire

Vue a b c d

Plan

Fig. 1. — Vue en plan et coupe de la voie.

d'un fusible constitue un notable perfectionnement du système.

Les boîtes sont placées contre le rail ainsi qu'on le voit sur le plan de la figure 1 ; la

Fig. 2. — Section L M N de l'ornière et d'une boîte.

Fig. 3. — Section A B d'une boîte et du câble.

figure 2 en donne une section transversale ; la section de la figure 3 est longitudinale, et la figure 4 montre une boîte ouverte.

Ces boîtes sont fermées par un couvercle visible et facilement abordable ; mais le serrage est effectué par quatre goujons dont la tête a

une forme telle qu'il faut une clef spéciale pour les dévisser; un joint de caoutchouc assure l'étanchéité du joint.

Un auget hermétique contient le coupe-circuit; son couvercle r porte la cartouche, de telle sorte qu'en l'enlevant on rompt du même coup le circuit; les ouvriers ne sont donc point exposés à recevoir de décharges.

Le câble a, renfermé dans le tube c, est constitué par un tube plein ou creux, recouvert d'une couche de caoutchouc d; une vis qui traverse cette couche isolante relie le câble à la colonne h. Sa jonction s'opère donc simplement et d'une manière très sûre.

L'étanchéité des boîtes est parfaite et l'épreuve de plusieurs mois a témoigné de la parfaite con-

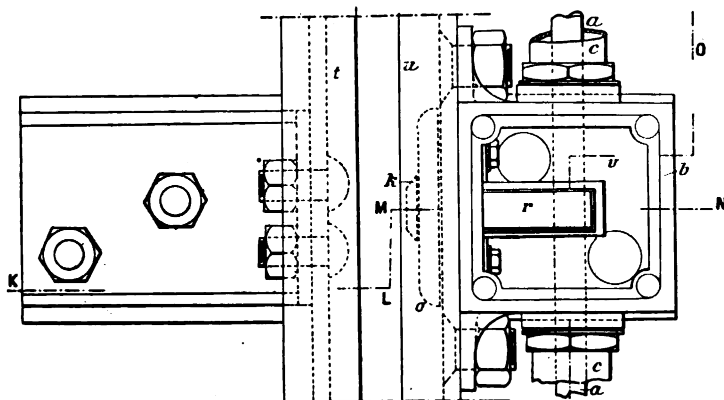


Fig. 4. — Vue en plan d'une boîte ouverte.

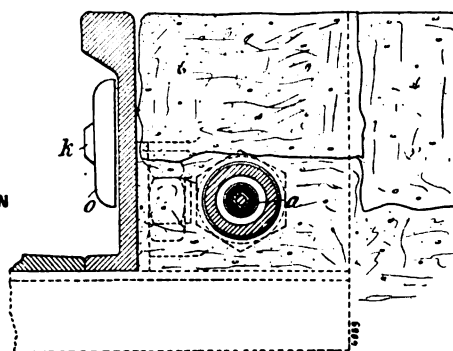


Fig. 5. — Section du câble entre deux boîtes.

servation des joints, qui restent hermétiques, alors même que la voie serait inondée d'eau.

Il y a une boîte par mètre courant : le prix d'établissement de la voie n'est pas grevé de ce chef d'une augmentation considérable et le système peut encore être considéré comme un des moins coûteux qu'on connaisse. Quant aux frais d'entretien ils sont peu élevés, car l'expérience a montré que les bouchons de contact m ne s'altèrent aucunement et que l'usure du clou de contact k est faible. A. W.

MESURES

Ampèremètres et voltmètres Meylan-d'Arsonval.

Ces appareils, construits par la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, sont basés sur un principe appliqué depuis plusieurs années dans le galvanomètre Meylan.

Bien que ce principe soit connu de nos lecteurs [1], rappelons que le galvanomètre Meylan à cadre mobile, genre d'Arsonval, est caractérisé par une forme spéciale de l'aimant représentée en figure 1. Cet aimant, constitué par une bande d'acier C, d'une seule pièce, a ses extrémités polaires a et b recourbées en forme d'arcs de cercle entre lesquels se meut un des cotés m d'un cadre galvanométrique m n mobile autour de l'axe r; une pièce rapportée d permet de régler la largeur de l'entrefer. Dans ces conditions et pour un sens convenable du courant dans le côté m du cadre, le champ magnétique créé par ce courant est de même sens que celui dû à l'aimant; par suite, la conservation du magnétisme de l'aimant se trouve ainsi assurée et, en particulier, on n'a pas à craindre de démagnétisation dans le cas où, l'appareil étant utilisé comme ampèremètre, un court-circuit dans l'installation vient à provoquer le passage d'un courant anormal dans le cadre. D'autre part, la conservation du magnétisme étant assurée, on peut donner de très grandes valeurs à l'intensité d'aimantation et par conséquent avoir un champ directeur très puissant (1 200 à 1 400 unités) qui rend pratiquement négligeable l'influence des courants extérieurs même très intenses.

Les ampèremètres construits d'après ce principe sont de quatre types différents suivant la

[1] *Écl. Élect.*, t. XXVI, p. 199, 9 février 1901 et t. XXX, p. 24, 4 janvier 1902.

grandeur de l'échelle (120, 155, 230 et 350 mm de développement d'échelle avec des aiguilles

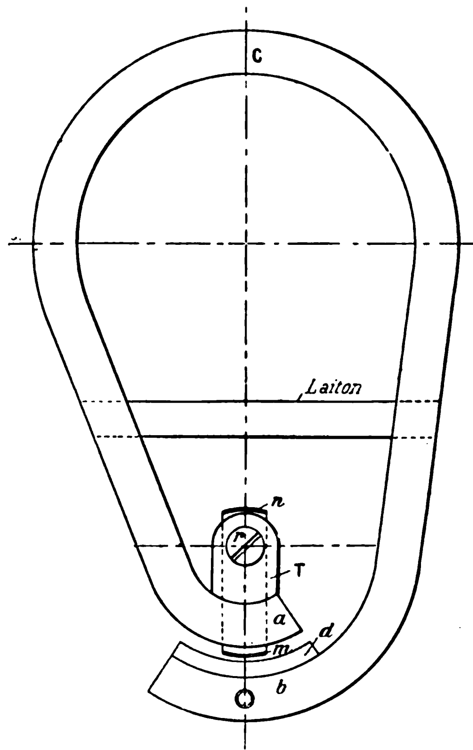


Fig. 1. — Disposition des appareils Meylan-d'Arsonval.

de 90, 110, 165 et 250 mm de longueur). La figure 2 représente, couvercle enlevé, un instrument du type le plus petit (type CT, IV); la figure 3 montre un ampèremètre d'un type de

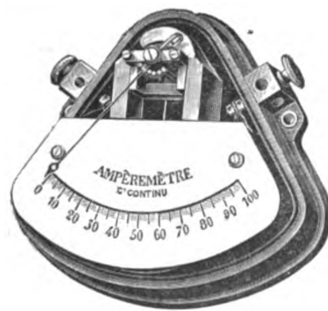


Fig. 2. — Ampèremètre type CT, IV.

plus grandes dimensions (type CT, II). Pour tous les types, on a adopté la forme triangulaire, avec socle en ivorine moulé, ou en fonte avec interposition de blocs isolants, et avec couvercle en fonte cobaltée donnant un parfait isolement et une étanchéité pratiquement complète. L'équipage mobile, très léger, repose sur des chapes en saphir, pourvues de ressorts destinés à garantir les pointes contre l'effet des chocs; il

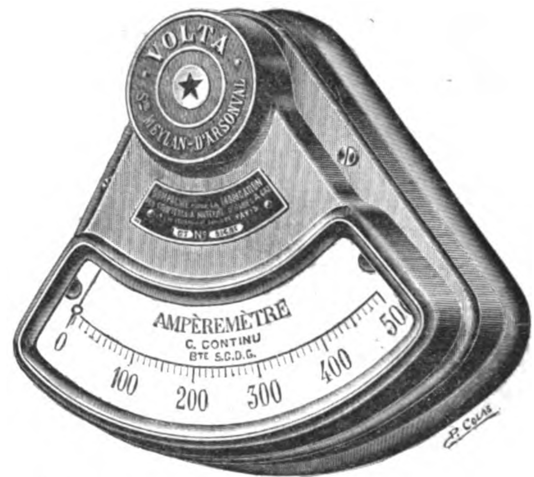


Fig. 3. — Ampèremètre type CT, II.

est formé d'un cadre en cuivre amortisseur enroulé avec du fil fin. En série avec l'équipage se trouve une résistance à coefficient de tempé-

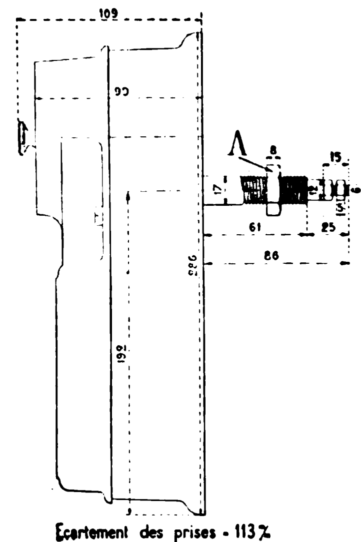


Fig. 4. — Élévation d'un appareil CT, II.

rature pratiquement nul, et les extrémités du circuit formé par l'équipage et la résistance sont reliées en deux points d'un shunt traversé par le courant à mesurer et dont la résistance est telle qu'on ait une différence de potentiel maximum de

0,1 volt entre ces deux points. Pour les appareils mesurant jusqu'à 50 ampères, le shunt peut être logé dans l'intérieur de l'instrument; pour les autres, le shunt est toujours à l'intérieur et est réuni à l'instrument au moyen de deux cordons souples; les shunts sont d'ailleurs interchangeables, de manière à permettre la mesure d'intensités assez différentes avec le même appareil. Dans tous les appareils les prises de courant

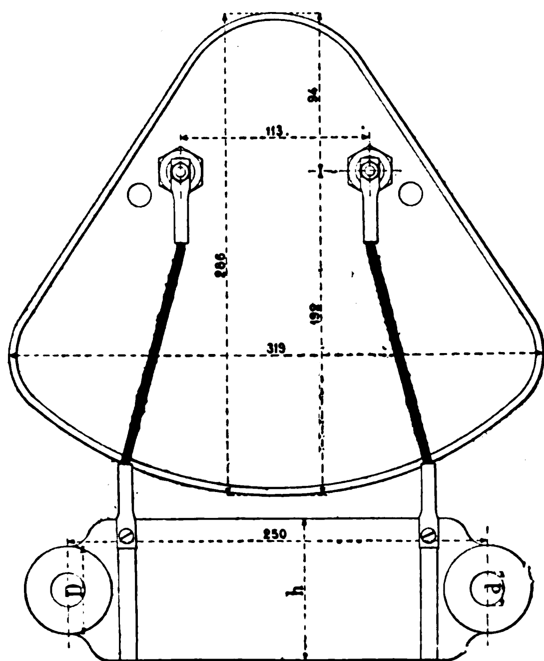


Fig. 5. — Vue de derrière d'un appareil CT, II avec son shunt.

sont utilisées pour le montage sur le tableau de distribution; les figures 4 et 5, qui donnent les dimensions d'un ampèremètre du type CT, II. montrent les deux goujons (1) qui portent chacun un écrou de serrage servant à la fixation et deux écrous pour les connexions au shunt. Par suite de cette disposition il n'y a que deux trous à percer dans le marbre du tableau de distribution pour fixer l'appareil et y amener le courant; comme, de plus, les deux goujons sont toujours à la même distance de 113 mm dans tous les appareils, quel qu'en soit le type, il est très facile de substituer un appareil à un autre.

Les voltmètres ne diffèrent guère, comme construction des appareils précédents. Suivant la grandeur de l'échelle ils sont classés en quatre types, et, suivant la sensibilité, ils permettent de mesurer de 0 à 1 200 volts. L'influence de la température étant pratiquement négligeable (environ 0,5 p. 100 pour 10° C) et la dépense étant généralement inférieure à 0,01 ampère (1 watt par 100 volts), ces appareils peuvent rester constamment en circuit sans inconvénient.

(1) Pour les appareils du type CT,IV, qui, par suite de leurs petites dimensions, peuvent être employés comme instruments portatifs, la fixation sur un tableau s'effectue au moyen de deux œillets visibles sur la figure 2 et les connexions à l'aide de deux bornes; toutefois, ces bornes peuvent être utilisées pour assujettir l'appareil à des tiges conductrices traversant le tableau; l'écartement des œillets est encore de 133 mm.

DIVERS

Etude de la résonance électrique au moyen du cohéreur, par **F. Kiebitz.** *Drude's Ann.*, t. VI, p. 741-754, décembre 1901.

Slaby explique ses expériences sur la télégraphie sans fil syntonique et multiplex en admettant que c'est aux ventres des oscillations de potentiel que le cohéreur réagit le plus fortement. Dans ses recherches sur la résonance des ondes électriques émises par un vibrateur rectiligne, Kiebitz arrive à la conclusion toute contraire : c'est aux nœuds que l'action sur le cohéreur est maxima.

De nouvelles expériences du même auteur confirment cette dernière manière de voir. Kiebitz reçoit les ondes de longueur connue, émises par un vibrateur rectiligne sur des fils isolés dont la forme varie d'une expérience à l'autre : les uns sont rectilignes, les autres circulaires. Il cherche la longueur qu'il faut donner à ces fils pour que la diminution de résistance du cohéreur soit maxima.

Pour obtenir une émission uniforme du vibrateur, ce qui est indispensable quand on fait usage du cohéreur comme indicateur d'ondes, le vibrateur est alimenté par un transformateur de Tesla.

Il importe aussi que le circuit primaire reste fermé toujours pendant le même temps à chaque essai fait sur le cohéreur. Ce résultat est obtenu par l'emploi de l'interrupteur représenté par la figure 1. C'est un pendule de grand moment d'inertie rappelé dans sa position d'équilibre par un ressort peu tendu. Quand le pendule oscille, le contact se produit entre le fil de

cuivre C et le godet de mercure H, les pôles de la source de courant sont reliés l'un à ce godet de mercure, l'autre au milieu du pendule.

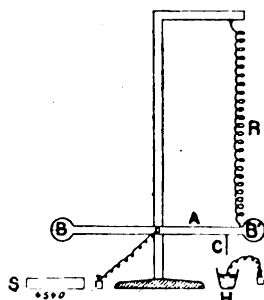


Fig. 1.

L'amortissement des oscillations de celui-ci est suffisant pour que la fermeture du courant ne se produise qu'une fois.

Les cohéreurs renfermant de la limaille comprimée ne se prêtent pas aux expériences de résonance : les tubes remplis de vis en fer donnent de bien meilleurs résultats.

Les cohéreurs employés étaient constitués par des tubes de verre de 1 à 1,5 cm² de section, remplis sur une longueur de 4 à 10 cm, par des vis de fer pesant environ 9 gr les 100. Chaque cohéreur était enveloppé de clinquant pour le soustraire à l'action des ondes quand il n'est pas relié aux fils.

Pour déterminer la résistance du cohéreur, on le met dans le circuit d'un accumulateur en série avec un millivolt et ampèremètre de Siemens et on calcule la résistance d'après l'intensité et la différence de potentiel aux bornes : ou bien le cohéreur est placé en dérivation sur un galvanomètre sensible, dans le circuit d'un accumulateur; on observe la diminution de l'élongation du galvanomètre quand on ferme la dérivation.

L'excitateur rectiligne avait une longueur de 77 cm et le récepteur était toujours placé à la même distance, soit 5 m, et dans une position symétrique par rapport au premier.

Première disposition (fig. 2). — Le cohéreur est relié à deux fils de cuivre r_1, r_2 (diamètre : 2 mm), parallèles aux deux conducteurs de l'excitateur.

Pour $r_1 = r_2 = 0$, la résistance du cohéreur reste très grande après l'action des ondes; pour $r_1 = r_2 =$ 35 à 40 cm, elle s'abaisse à 5,5 ou 6 ohms : c'est le maximum de l'action; pour $r_1 = r_2 = 70$, la résistance tombe à 13 ou 14 ohms, c'est le minimum de l'action. Le maxi-

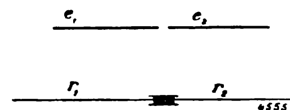


Fig. 2.

mum se produit donc quand le cohéreur est sur un nœud d'oscillation de potentiel.

Deuxième disposition (fig. 3). Le récepteur est un cercle en fil de cuivre de 3 mm. Le cohéreur

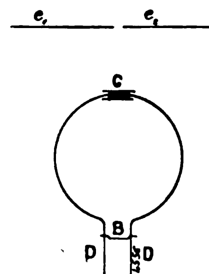


Fig. 3.

placé au sommet de ce cercle, le cercle se prolonge par deux fils parallèles, sur lesquels on peut déplacer un pont B de manière à faire varier la longueur totale de récepteur.

Si le pont est enlevé, le cohéreur n'est impressionné que très faiblement. La chute maxima de résistance s'observe quand la longueur totale du récepteur est égale à une longueur d'onde. Si cette longueur est voisine d'une demi longueur d'onde, on n'observe ni maximum, ni minimum d'action : la résistance prend toujours une valeur voisine de 50 ohms. Le cohéreur se trouve donc encore sur un nœud quand se produit le maximum d'effet.

Troisième disposition (fig. 4). Un fil de cuivre

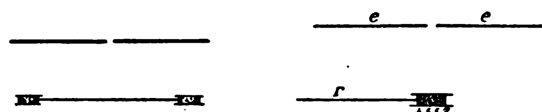


Fig. 4 et 5.

est disposé parallèlement à l'excitateur et porte un cohéreur à chacune de ses extrémités. Il est difficile d'obtenir une action égale sur les deux cohéreurs : c'est quand $r = 30$ cm environ qu'on

y réussit le mieux : r est alors égal à peu près à un quart de longueur d'onde.

Quatrième disposition (fig. 5). Le cohéreur est disposé à l'extrémité d'un fil unique parallèle à l'excitateur; le maximum d'action a lieu quand $r=e$ et la résonance s'explique comme dans la première disposition en admettant qu'un ventre se forme à l'extrémité libre, un nœud à l'extrémité du cohéreur.

En reliant *directement* aux extrémités du cohéreur une prise de terre ou des capacités, on a toujours observé une diminution d'effet.

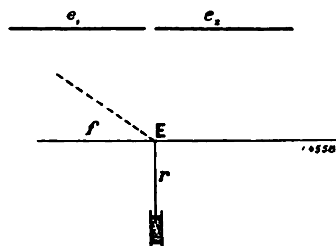


Fig. 6.

Cinquième disposition (fig. 6). Un fil relié au sol est disposé parallèlement à l'excitateur; le cohéreur est relié à l'extrémité d'un fil perpendiculaire au précédent en un point E du plan de symétrie.

Dans chaque série d'expériences, on laisse f constant et on fait varier r. L'effet des ondes sur le cohéreur est maximum quand $f+r$ est égal à un quart de longueur d'onde : le cohéreur se trouve alors sur un nœud.

Si on incline le fil f par rapport à l'excitateur, l'effet diminue très rapidement.

Tous ces résultats tendent à prouver que l'effet des ondes sur le cohéreur est maximum quand il se trouve sur un nœud. M. L.

Sur la magnétostriction dans le bismuth, par **A. P. Wills**, *Physical Review*, t. XV, p. 1 à 7, juillet 1902.

Dans ce mémoire l'auteur décrit les expériences qu'il a entreprises dans le but d'étudier l'allongement du bismuth dans un champ magnétique intense, allongement constaté antérieurement par Bidwell avec des champs magnétiques ne dépassant pas 842 unités [1].

La disposition employée est la suivante : le cylindre de bismuth (hauteur 1,1 cm, diamètre 0,52 cm) était disposé verticalement entre les pièces polaires d'un puissant électro-aimant produisant un champ dirigé suivant l'axe du cylindre. Ce cylindre reposait sur le fond d'une cavité cylindrique creusée dans une épaisse barre de cuivre maintenue sur une solide charpente, indépendante du support de l'électro-aimant afin que la déformation possible de ce support n'influe pas sur la barre de cuivre. Sur la face supérieure du cylindre de bismuth était disposée une lamelle de verre sur laquelle appuyait la pointe d'un levier massif dont l'axe de rotation était constitué par deux pointes reposant sur un plan de verre placé sur la barre de cuivre. Sur l'autre extrémité du levier appuyait la courte branche d'un second levier portant à l'extrémité de sa grande branche un anneau muni du réticule Un microscope avec réticule et vis micrométrique permettait de mesurer le déplacement de l'extrémité du second levier.

Le premier levier amplifiant 11,23 fois la déformation du cylindre de bismuth, le second amplifiant 58,5 fois le déplacement de l'extrémité du premier, et 1162 divisions de la tête de la vis micrométrique correspondant à 1 centième de millimètre, il était possible de mesurer une variation de la longueur du cylindre de bismuth de

$$\frac{1}{1162 \times 100 \times 58,5 \times 11,23} = 1,31 \times 10^{-8} \text{ cm}.$$

Malgré cette grande sensibilité de l'appareil et malgré l'emploi de champs puissants atteignent 3200 unités C.G.S., l'auteur ne put observer aucun déplacement qui ne fût dû à l'une des deux causes suivantes [1] : 1° échauffement du cylindre, auquel cas le déplacement se produisait lentement; 2° action du champ sur les courants induits dans les leviers au moment de la rupture ou de la fermeture du circuit de l'électro-aimant,

(1) Bidwell (*Philosophical Transactions*, t. CLXXIX, p. 205) opérait sur un barreau de bismuth de 13,2 cm de longueur et de 0,7 cm de diamètre placé suivant l'axe d'un puissant solénoïde; l'allongement du barreau était appréciable pour un champ de 280 unités, très perceptible pour 470 unités, égal à 3×10^{-8} de la longueur de la barre pour 680 unités et à $1,5 \times 10^{-7}$ de cette longueur pour 842 unités.

(1) Deux échantillons de bismuth, l'un fourni par Hartmann et Braun de Francfort comme bismuth électrolytique, l'autre acheté pur, furent employés.

action qui se manifestait par un déplacement brusque avec retour presque immédiat au zéro.

En présence de ces résultats négatifs, l'auteur s'assura que la sensibilité de son appareil était bien celle indiquée plus haut. Pour cela il l'utilisa à la mesure de la légère déformation éprouvée par une lame d'acier encastrée de 2,70 cm de longueur, 0,59 cm de large et 0,05 cm d'épaisseur sous l'action d'un poids de 1 gr suspendu en son milieu; il trouva ainsi $6,70 \times 10^{-6}$ cm alors que le calcul de cette déformation donnait $7,05 \times 10^{-6}$ cm. L'accord de ces deux nombres indiquant que l'appareil ne donnait lieu à aucune erreur systématique, l'auteur se propose de reprendre ces expériences avec le même dispositif, mais en employant un électro-aimant plus puissant.

J. R.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Séance du 12 décembre 1901 (suite).

Discussion de la communication de Wright sur la vente productive de l'électricité (1). D'après le *Journal of Instit. of El. Eng.* t. XXXI, p. 486-531, n° de mars 1902.

M. R.-A. Dawbarn, trouve le diagramme de la figure 8, donné par M. Wright très intéressant en ce qu'il montre que le système assez compliqué de tarification proposé n'est pas parfait. Il estime que ce système ne doit guère être adopté que pour les 5 ou 10 p. 100 des consommateurs qui font un usage prolongé de la lumière. La Compagnie à laquelle appartient l'orateur a adopté, en premier lieu, un tarif unique, la consommation minima étant de 20 unités (kw-h): puis, au choix de l'abonné, une taxe pour toute consommation supérieure à 4,5 kilowatts-heure par lampe et par trimestre. (Soit 14,40 fr par an, au prix de 0,80 fr le kilowatt-heure).

M. J. Highfield dit ne pas employer d'indicateur de demande dans sa station centrale où il a trouvé un tarif uniforme de 0,60 fr établi.

Dans d'autres stations, il a rencontré de grosses difficultés à faire comprendre le tarif différentiel à la clientèle. En outre, dans les villes moyennes et peu commerçantes, il est impossible de lutter avec la concurrence du gaz avec un tarif de 0,70 fr sans réduction pour les consommateurs d'une heure.

L'orateur croit que l'on ferait mieux de prendre comme point de départ un prix de vente plus bas pour 2 heures, qu'un prix aussi élevé pour 1 heure de consommation. Il croit en ce qui concerne la clientèle des magasins fermant de bonne heure, qu'elle constitue une excellente réclame dans les débuts, auprès des particuliers et des municipalités, et que, bien que, à l'origine, sa consommation ne soit pas d'un beau rapport, on ne saurait, sans préjudice, la taxer trop durement. Il est d'ailleurs impossible de lui appliquer dans la suite le tarif différentiel et de doubler son prix de vente.

M. Patchell pense aussi que l'application de ce tarif est très difficile à réaliser dans une ville où il existe plusieurs compagnies concurrentes, avec un prix de vente assez élevé comme point de départ. D'autre part, un client préfèrera toujours un tarif uniforme, parce qu'il voit quels sont ses engagements. L'orateur dit être arrivé à un coefficient d'utilisation de 28,5 p. 100, sans indicateur de demande, mais il pense l'indicateur très utile pour la distribution de la force motrice

M. Mordey craint aussi que le système de Wright rencontre de sérieux obstacles dans la difficulté qu'il y a à le faire comprendre à la masse des clients, d'autant plus que, de l'avis même de M. Wright, les comptables eux-mêmes ont de la peine à en suivre les principes.

M. Mordey croit, en outre, que le système n'est pas théoriquement exact en tous points. Ainsi, on fait payer davantage aux églises, aux salles de bal, en raison de la courte durée de leur consommation et du matériel nécessaire à l'usine pour pourvoir à leur demande ; mais, il faudrait savoir si, quand les églises et les grandes salles

(1) Voir l'analyse de cette communication dans le n° du 2 août, p. 175.

de ce genre sont garnies de monde et éclairées, la consommation n'est pas aussi diminuée chez les particuliers qui ont quitté leur domicile pour s'y rendre ; de telle sorte que la charge de l'usine n'en serait pas augmentée. Le principe du système semble d'ailleurs être mis en défaut, à M. Mordey, par ce fait que les consommateurs mettent en court-circuit l'indicateur de demande quand ils avertissent la station qu'ils doivent avoir une demande exceptionnelle. Une autre objection est que ce système empêche l'installation de l'électricité dans les locaux qui ne sont pas souvent utilisés (chambres à donner, etc.) ; et que l'installation d'un indicateur de demande constitue un surcroît de dépense, de complication et de chute de tension. L'orateur donne ensuite les résultats d'exploitation des entreprises d'électricité anglaise, d'après LIGHTING :

	Tarif unique	Système de Wright
Nombre de stations.	34	98
Moyenne de kilowatts-heure vendus.	1 217 076	1 266 287
Moyenne du coefficient d'utilisation	12,02	11,65
Moyenne du prix de revient par unité.	0,262	0,262
Moyenne de kilowatts-heure vendus par lampe.	16,8	18,98
Moyenne du prix de vente pour éclairage privé	0,456	0,452
Moyenne du prix de vente pour éclairage public.	0,235	0,2475
Nombre de compagnies dans la métropole.	4	9
— en province. . . .	10	21
Entreprises municipales dans la métropole.	0	6
— en province . . .	20	62

Le tarif uniforme semble donner un coefficient d'utilisation plus élevé, et mettre les stations en état de fournir l'éclairage public à un prix moindre. Il ressort de la comparaison des nombres d'unités vendues par lampe, que le système de Wright donne lieu à une consommation plus grande, mais cela tient sans doute, à ce que le consommateur est conduit par ce système à restreindre le nombre des lampes et à employer, par suite, pour une période plus longue celles qu'il installe.

En résumé, le système ne semble donner d'avantages ni pour l'entrepreneur, ni pour l'installateur, ni pour le consommateur.

M. J.-R. DICK estime au contraire, que c'est grâce aux principes posés par Hopkinson que le Royaume-Uni doit ses rapides progrès dans l'abaissement du prix de vente, progrès qui sont reconnus par les critiques du Continent et de l'Amérique. Toutes les personnes, qui ont étudié sérieusement cette question, sont arrivées aux mêmes équations pour le prix de revient et la tarification. L'orateur estime que M. Wright, avec son indicateur de demande, à enregistrement d'une certaine inertie, a trouvé le meilleur moyen de mesurer la courbe de charge de chaque consommateur, en vue de la rapporter à la courbe de charge d'ensemble de la station. Cet instrument indique mieux que tout autre la proportion du capital d'établissement pour laquelle chaque client doit être taxé et ne détourne aucune classe de consommateur. En ce qui concerne les consommateurs d'une demi-heure, l'orateur ne partage pas les craintes de M. Wright de les voir se soustraire à la tarification rationnelle, si l'on adopte un tarif élevé pour la première heure et une réduction pour les heures suivantes. Il trouve l'adjonction d'une batterie inutile pour cette classe de consommateurs ; et d'ailleurs peu pratique avec une station à courants alternatifs[1].

M. Dick pense qu'on exagère les objections du consommateur à ce mode de tarif : il n'est pas impossible de lui faire comprendre que l'entreprise est en perte en taxant un prix trop bas, mais il est imprudent de lui donner le choix entre plusieurs tarifs parmi lesquels il choisira évidemment celui qui, à première vue, lui paraît le plus avantageux.

M. BOOT, après avoir essayé la plupart des systèmes dans sa station, a adopté celui de Wright malgré ses désavantages. Il lui reproche entre autres d'exiger un personnel exercé pour l'ex-

(1) L'auteur cite d'autres méthodes pour taxer chaque consommateur suivant la part de dépenses de « maintien en état » qu'il exige de la station et suivant le capital immobilisé pour son alimentation. Dans le Nord de l'Italie, les stations hydro-électriques taxent les grandes usines qui leur empruntent le courant pour la force motrice de tant par kilowatt demandé, sans autre redevance pour la consommation. En Allemagne, certaines stations imposent une redevance fixe par kilowatt demandé comprenant toutes les charges du capital plus 8 à 10 p. 100 de bénéfice, et un tarif unique pour toutes les unités vendues (environ 0,40 fr). Ce système a l'inconvénient de ne pas favoriser les longues consommations, mais il constitue une garantie sérieuse pour le capital engagé.

pliquer et l'appliquer à la clientèle, et de ne pas tenir compte de l'instant où la demande maxima est effectuée. Ainsi M. Wright admet que le client doit être taxé en rapport avec les frais d'intérêt et d'amortissement (18, 312 £), mais il est bien évident que si le client fait sa demande en dehors des heures du débit maximum, même pendant une demi-heure ou moins, il n'en résulte pas de dépenses supplémentaires pour la station qui devrait diminuer la taxe de 0,70 fr. L'orateur croit qu'on commence déjà à mettre en pratique l'idée d'un commutateur à mouvement d'horlogerie qui taxe, au prix élevé, la consommation demandée pour une heure par exemple, pendant les heures de la demande maxima, et à un prix inférieur aux autres moments.

M. Aron serait partisan de supprimer à la fois l'indicateur de demande et le compteur dans les maisons peu importantes où toutes les lampes fonctionnent à la fois et où l'on installe que les lampes strictement nécessaires. Il préférerait un système de compteur à prépaiement pour les installations de 5 à 6 lampes, avec changement de vitesse quand il n'y a que trois lampes en service ; le consommateur paierait, par trimestre, une redevance annuelle de 8,40 fr par lampe et une autre pour l'installation si elle a été faite gratuitement. Un appareil de ce genre serait moins cher d'achat et d'entretien que le compteur avec l'indicateur de Wright. M. Aron pense, en outre, que l'installation à demeure de l'indicateur n'est pas toujours nécessaire, la demande restant à peu près la même d'une année à l'autre, et l'augmentation de la consommation ne provenant le plus souvent que de la durée. En Amérique, on a une tendance à employer les compteurs à deux et même trois taux, marchant moins vite pour les grandes charges en dehors des heures de consommation maxima et plus vite pour les fortes charges pendant cette période.

M. L. Andrews emploie le système de Wright, mais il évite d'en généraliser l'application aux consommateurs de plus d'une et deux heures par jour et d'encombrer la distribution avec un indicateur chez tous les clients. L'orateur signale aussi un inconvénient dans le système appliqué à Brighton ; c'est l'irrégularité des recettes de consommation. La ligne en pointillé mixte de la figure 9 représente la consommation d'un client à Hastings ; la ligne en trait plein donne la taxe à payer avec le système de Wright et la ligne en pointillé, celle qui est perçue à Hastings. On voit que tout en consommant plus dans le deuxième trimestre de la figure que dans le premier, le client aura une facture moins élevée ; d'où il concluera, comme cela arrive d'ailleurs, que plus sa consommation sera forte, moins forte sera sa note. D'autre part, si une installation change de propriétaire fin décembre, le nouveau propriétaire sera tout étonné de voir que sa facture de fin mars est de 170 £, alors que celle de fin décembre n'était que de 68 £ avec

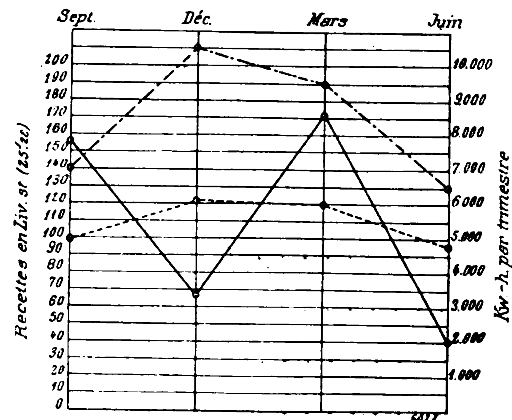


Fig. 9.

une consommation correspondante plus élevée. L'orateur s'est trouvé en présence de refus absolu de payer, dans des cas semblables et a été invité par son administration à revenir au tarif uniforme. On trouva peu pratique de tracasser le client avec des questions de tarifs, de kilowatts et d'ampères ; pour conserver néanmoins le principe de taxer le client proportionnellement aux frais d'intérêt, d'amortissement et de « maintien en état » de la distribution, on annonça à la clientèle un tarif uniforme de 0,60 fr avec cette clause que toute consommation de plus de deux heures pourrait obtenir une réduction ; on informa les clients qui demandaient cette réduction qu'elle consistait à verser une redevance annuelle de 12 fr par lampe de 8 bougies, moyennant quoi tout unité consommée serait taxée au prix de 0,15 fr. A Hastings, l'orateur évalue à 12 fr les frais de « mise en état » et à 0,125 fr le prix de revient du kilowatt-heure « supplémentaire ». Cette combinaison fut aisément comprise par la clientèle, et

dans la dernière année, on a vendu 400 000 unités (65 p. 100 de la production totale) sans avoir demandé à personne d'adopter ce système. Si la redevance de 12 fr peut paraître élevée, il faut constater que les consommateurs de longue durée ne paient qu'environ 0,35 fr le kilowatt-heure. La courbe pointillée de la figure 9 montre qu'avec ce système, la facture du client est beaucoup plus régulière qu'avec le système de Wright.

M. Magden a étudié les variations du coefficient d'utilisation dans la plupart des stations ; il citera, entre autres, Portsmouth où il a varié de 14,51 à 12,01 p. 100 (1896-1901) et South Shields, un autre port de mer, où il a augmenté de 10,88 à 12,24 (1890-1901); la première ville applique le tarif uniforme, la seconde, celui de Wright. De même, à Londres, dans les districts d'Islington et de Saint-Pancras, les variations sont respectivement de 9,82 à 15,31 (système Wright) et de 19,75 à 11,74 (tarif unique). L'orateur signale comme grand inconvénient du tarif unique la vente à perte de l'électricité à la classe de consommateurs de courte durée, dont le recrutement est le plus facile et dont le nombre augmente très rapidement, ce fait résulte clairement du prix de revient moyen de 0,70 fr de l'unité vendue aux consommateurs d'une heure et taxée au prix de 0,45 fr, 0,50 fr ou 0,60 fr.

Pour M. Minshall, l'impopularité du système n'est pas une difficulté insurmontable, bien qu'il tienne de bonne source qu'elle existe même à Brighton. L'orateur s'est trouvé d'abord dans l'impossibilité de lutter avec le gaz, à Croydon, avec un tarif unique de 0,60 fr. Avec le système de Wright à double tarif de 0,70 fr et 0,20 fr, le prix moyen de vente tomba à 0,475 fr ; mais, contrairement à ce qui existe à Brighton, chaque trimestre fut étudié à part et, d'après le nombre d'unités consommées par lampe, on fut amené à appliquer le tarif élevé pour 1 heure et demie en hiver et une demi-heure en été.

M. Still ne voit qu'un inconvénient sérieux dans le tarif de Wright, c'est qu'on en exagère trop l'application. Aussi, dans quelques districts de l'Ouest, à Londres, on rencontre beaucoup de magasins qui n'utilisent la lumière électrique que depuis septembre à fin mars et il y a, dans les mêmes quartiers, des maisons de résidence qui ne sont habitées que de fin mars à fin juin. Il n'est pas rationnel de faire payer successivement à ces deux classes les charges du capital dont la même portion leur sert à toutes deux, ni de leur imposer le prix prohibitif de 0,80 fr.

M. Reginald Wilson voit, dans cette discussion, la question des mérites relatifs des systèmes de Wright et de Kapp. L'orateur dit comprendre le système de Kapp de la façon suivante : un compteur à mécanisme d'horlogerie enregistre toutes les unités consommées de 5 heures à 7 heures du soir, et la moitié ou le quart seulement des unités consommées le reste de la journée. A la fin du trimestre, on taxe, comme à Dudley, la première consommation à 0,60 fr, et la seconde, à 0,15 fr. M. Wilson se demande ce qu'il faut appeler un consommateur productif. Pour taxer la clientèle pour les frais de « maintien en état » qu'elle entraîne, M. Wright doit supposer que toutes les installations fonctionnent à la fois, ce qui n'est guère admissible. En pratique, il faut savoir quelle est la dépense additionnelle provoquée par un consommateur employant l'électricité en dehors de la période de 5 à 8 heures du soir. Tout le monde admet que le prix de revient du kilowatt-heure en dehors de cette période est inférieur à 0,10 fr, mais, comme le système de Wright n'établit pas de distinction entre les périodes de consommations, il décourage les clients les plus avantageux. Le système de Kapp établit cette distinction et tend plutôt à éviter la superposition des charges au moment de la forte consommation qu'à les taxer à 0,80 fr comme M. Wright, ce qui est bien moins avantageux.

M. Wilson est d'accord avec M. Wright pour l'arbitraire qui guide beaucoup d'entrepreneurs d'électricité ; aussi beaucoup de compagnies ont fait des installations gratuites dans les pièces principales, espérant que le client consentirait volontiers à installer les autres pièces, ce qui n'a pas été le cas ; — bien que dans les districts de résidence, les stations aient profité d'une légère extension du coefficient d'utilisation au moyen de cette combinaison.

Le système de Kapp a encore l'avantage d'encourager le consommateur de jour ; ainsi, à Bristol et à Dudley, un client paiera 0,10 fr pour une consommation de 1 heure à 11 heures du matin, tandis qu'il paie 0,70 fr à Brighton.

Enfin, M. Wilson reproche aussi au système de Wright sa complication, et il a entendu dire

qu'il s'est introduit difficilement, parce que la majorité des consommateurs ont négligé l'étude du calcul différentiel!

M. Hordern pense également que la demande maxima de chaque client n'est pas un critérium absolu de la part de matériel de la station que son alimentation exige. Ainsi, la dépense de canalisation est très différente pour chaque consommateur et dépend de son emplacement sur le réseau. M. Wright devrait aussi prouver que les dépenses du capital sont strictement proportionnelles à la demande maxima du consommateur. Le meilleur moyen, et le plus simple, de faire payer équitablement au client les charges du capital est de demander une redevance uniforme de tant pour cent des frais d'exploitation.

Selon le professeur R.-H. Smith, M. Wright a fait, pour les dépenses du capital, l'erreur qu'il combat si vivement pour les dépenses totales, en admettant que les premières varient grossièrement comme la charge maxima annuelle. Les frais du capital et les dépenses totales de « préparation » varient, selon M. Smith, comme une expression de la forme $I + wW$, où I est la constante initiale, w un facteur constant et W la charge maxima. Même, après plusieurs années, le facteur I est encore aussi important que wW, et il est douteux qu'on puisse en répartir la dépense sur les consommateurs d'après leur demande maxima.

M. Smith critique également la définition des frais de « production » considérés comme le prix de revient des unités supplémentaires et estime que, ainsi définis, ils constituent seulement la portion des frais d'exploitation variant avec le coefficient d'utilisation.

D'une façon générale, M. Smith croit qu'il est de toute nécessité de séparer les frais d'exploitation des charges du capital et qu'il n'est pas logique de déduire un système de tarif de cette analyse des dépenses de la station. Il reconnaît, d'ailleurs, l'originalité et le mérite de l'introduction du « facteur de diversité » défini par M. Wright; pour en donner une définition plus claire, l'orateur le met sous la forme de l'équation suivante :

$$\text{Taxe annuelle par kilowatt de demande maxima} = \frac{\text{Dépenses annuelles de « maintien en état »}}{\text{Charge maxima annuelle en kw, sur le réseau}} : \frac{\text{Somme des kilowatts maxima vendus dans les mois les plus chargés}}{\text{kw maxima distribués sur le réseau dans le même mois}}$$

Le second rapport est le « facteur de diversité » que M. Wright évalue à 1,5 environ pour la lumière. Il est probable que ses variations sont considérables et M. Smith croit pouvoir simplifier l'expression ci-dessus en supprimant le dénominateur commun. L'introduction du « facteur de diversité » montre simplement que, en s'en tenant au premier rapport, le système de Wright taxe de 50 p. 100 de trop le consommateur, comme cela arrive dans certaines villes. M. Smith reprend ensuite plusieurs des critiques précédemment adressées au système de Wright et croit que les principes qui lui servent de base ne seraient admis dans aucune autre espèce d'industrie (restaurants, omnibus, etc.) bien qu'ils y soient aussi logiques. Si, du reste, le système est difficile à faire comprendre, cela tient beaucoup à l'impropreté des expressions de ses promoteurs. Ce qui est clair, c'est qu'il consiste à demander une redevance fixe par trimestre et par watt de la consommation maxima, plus une taxe pour la quantité consommée (par watt-heure). L'expression de « 0,70 fr par unité pour la première heure et de 0,20 fr après la première heure » prête au malentendu et est absolument incorrecte quand on pense qu'on entend par là que le consommateur sera taxé pour 91 heures par trimestre par watt de sa consommation maxima, même s'il ne l'effectue que pendant une demi-heure dans le trimestre, et cela au taux de 0,70 fr le kilowatt-heure, et que le reste de sa consommation sera tarifée à 0,20 fr le kilowatt-heure. Au lieu de cela, le client comprend que s'il emploie une seule lampe pendant une heure par jour et un nombre quelconque de lampes après la première heure, il sera taxé à 0,70 fr pour une lampe-heure par jour, et à 0,20 fr pour le reste de sa consommation.

M. Drysdale voit quelques difficultés à appliquer le système de Wright aux distributions à courant alternatif, quand il existe des moteurs à faible facteur de puissance. Pour y remédier, il propose l'emploi d'un compteur d'énergie, avec une certaine inductance dans l'enroulement en dérivation qui affecte peu les lectures pour des

facteurs de puissance élevés, mais qui les renforcera dans la proportion voulue quand les charges seront décalées.

M. Arthur Wright, dans sa réplique, regrette que la plupart des détracteurs de son système ne semblent pas avoir étudié suffisamment sa communication. Il ne s'agit pas de savoir si ce système est plus populaire qu'un autre, ni de montrer ce qui est reconnu depuis longtemps à savoir, que l'électricité ne peut et ne doit pas être distribuée dans les mêmes conditions que le gaz. En fait d'impopularité, personne n'a contesté que, pour un bénéfice total donné, les principes d'Hopkinson permettent de vendre l'électricité à un prix moyen moindre que le tarif uniforme. L'orateur regrette aussi que l'on ne se soit pas élevé davantage contre les tendances des autorités à diminuer le prix initial maximum de vente, alors qu'il est prouvé que plus ce prix est élevé plus le prix moyen peut être réduit pour la majorité des consommateurs.

Quant à la difficulté de comprendre le tarif, elle vient de ce que le Parlement a accordé la faculté à tout consommateur de se laisser taxer uniquement sur la quantité d'électricité consommée et de rendre la consommation minima indépendante de la demande véritable. L'orateur ne croit pas d'ailleurs que rien ne soit plus intelligible que la forme suivante de tarif équitable : Une taxe de 0,80 fr. pour le premier kilowatt-heure consommé dans le mois par chaque lampe employée, simultanément, et 0,10 fr. pour toute consommation supplémentaire, pendant le mois.

En ce qui concerne la singularité d'un système que certains orateurs s'étonnent de ne voir appliquer à aucun autre genre de commerce, M. Wright cite trois conditions qui différentient complètement le commerce de l'électricité :

1° Le fournisseur d'électricité ne pouvant produire l'électricité que suivant la demande, dans l'impossibilité où il se trouve de l'accumuler, son matériel doit être déterminé par la demande maxima.

2° Le consommateur ne saurait attendre la production et ne peut être empêché de s'en servir quand il lui plaît.

3° La faiblesse extrême du facteur général de « diversité. »

En réponse à M. Patchell, l'orateur fait remarquer que nulle part, il n'existe un monopole en ce sens que l'entrepreneur peut imposer son tarif au public. Si M. Patchell a eu à Charing-Cross un coefficient d'utilisation de 28,5 p. 100, il est vrai aussi d'après *Lighting* que sa valeur était de 21 en 1895, et de 18,7 en 1900, malgré l'augmentation considérable de la production.

Pour le cas des églises cité par M. Mordey, l'orateur fait remarquer que la capacité de la station n'est pas déterminée par la charge maxima des dimanches, mais par celle des jours de la semaine précédant Noël, où l'orateur n'a pas constaté de diminution sensible dans le reste de la consommation par le fait du service des églises. Ce qui détermine d'ailleurs l'extension rapide des affaires, c'est la réduction de la dépense annuelle des consommateurs, et non les conclusions que M. Mordey tire d'une statistique plus ou moins exacte par ce fait que des villes qu'il cite comme employant le système de Wright sont aussi pourvues du tarif uniforme avec réductions. La proposition de M. Aron de ne pas laisser l'indicateur de demande à demeure semble, à M. Wright, incompatible avec les variations et principalement avec l'augmentation incessante de la consommation des particuliers. Dans l'emploi du compteur à prépaiement, l'orateur voit l'inconvénient de l'augmentation par le consommateur de la puissance des lampes sans que la station en soit avertie. Quant à l'analyse présentée par M. Andrews sur les résultats obtenus à Brighton et à Hastings, M. Wright constate que l'irrégularité des factures d'électricité pendant les différents trimestres n'empêche pas l'extension de la consommation et l'accroissement du coefficient d'utilisation à Brighton, tandis qu'à Hastings ce dernier a diminué de 8 p. 100 depuis 1895.

L'orateur croit que M. Wilson n'a pas dû lire sa communication pour dire que M. Wright suppose toutes les demandes effectuées simultanément. A la différence de M. Kapp, l'orateur encourage par son sytème toute consommation *productive* effectuée aux heures d'éclairage aussi bien qu'en dehors. Quant aux difficultés mathématiques trouvées par M. Wilson à ce système, l'orateur fait remarquer qu'à Brighton trois employés font tout le service des 3 500 consommateurs.

Quant à M. le professeur Smith, l'introduction

de son expression « dépenses d'exploitation » complique inutilement l'analyse des dépenses d'une station; M. Wright estime qu'il est indispensable de différencier ce qu'il a appelé « frais de production et frais de préparation ». L'utilité du « facteur de diversité » ressort surtout, selon M. Wright, dans la comparaison des différentes stations; en le négligeant, on tombe précisément dans l'erreur que le système de Wright suppose toutes les demandes effectuées en même temps, ce qui n'est pas le cas du tout. Quant à l'injustice du système soutenue par plusieurs orateurs, M. Wright ne comprend pas que le fait de vendre à chacun une commodité avec le même bénéfice sur le prix de revient puisse constituer une injustice. La situation du fournisseur d'électricité n'est d'ailleurs pas du tout la même que celle des autres commerçants; quand un omnibus ou un restaurant est au complet, les particuliers s'adressent ailleurs, tandis qu'une station est tenue de fournir toute l'énergie requise; les dispositions qu'elle prend avec l'indicateur de demande, sont à la fois, dans son intérêt et dans celui du public.

Malgré les points de vue opposés sur cette question, l'auteur pense avoir réalisé l'objet de sa communication s'il a pu contribuer à enrayer la tendance actuelle à diminuer le prix initial de 0,80 fr et à laisser le choix au consommateur entre plusieurs systèmes, ce qui est également désavantageux pour lui-même et pour la station.

Des remerciements sont votés par acclamation à M. Wright pour son intéressante communication.

P.-L. Charpentier.

Visite de l'Institution of Electrical Engineers, en Allemagne, en 1901. D'après *Journal of Institution of. El. Eng.*, t. XXXI, pages 534-540.

Rapport de la commission de traction et de distribution de lumière et de force motrice. — Ce qui frappe dès l'abord c'est la connexité entre les constructeurs et les exploitants : à Berlin, l'entreprise de l'électricité appartient à une Compagnie intimement liée à « l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft ». A Charlottenburg, Wiesbaden, Homberg et Bockenheim les usines appartiennent à la municipalité et sont louées à MM. Lahmeyer.

Les bâtiments sont généralement vastes et soignés. Les machines sont communément du type horizontal à 80 ou 100 t : m (¹).

Les bouilleurs à tube sont d'une application générale, avec surchauffe de 50° C.; on voit peu d'économiseurs. Le chargement mécanique du charbon est inconnu.

Comme génératrices, on voit de grandes dynamos volant à courant continu (Lahmeyer et C°). A Berlin et à Dusseldorf, une même machine actionne deux dynamos qui sont connectées en parallèle pour la lumière et en série pour la traction. Les stations triphasées à sous-stations avec commutatrices sont très répandues; la plus ancienne est à Bockenheim (1892) où l'on a utilisé dès le début les moteurs synchrones comme égalisateurs de phase (²).

Il y avait un grand nombre de machines à accouplement direct en construction à l'E. A. G. anciennement W. Lahmeyer et Cie, à signaler une machine à haute tension de 1600 kilowatts, à 10 000 volts; ainsi que plusieurs moteurs générateurs synchrones et asynchrones, pour la même tension à 450 kilowatts.

La fréquence de 50 périodes semble universellement admise, celles de 60 et 40 constituent l'exception (³).

En ce qui concerne les moteurs électriques, à Francfort, les moteurs synchrones de grande puissance démarrent au moyen d'une poulie

(¹) Dans l'usine de la « Luisenstrasse » à Berlin, on rencontre cependant 3 machines verticales de 3 000 chevaux; mais la compagnie de Berlin a adopté pour ses nouvelles stations des machines horizontales de 4 500 chevaux. Le type fermé à grande vitesse, si commun en Angleterre, est peu répandu sur le continent. On a cependant remédié à la pénétration de l'huile de la manivelle sur les enroulements en enfermant mieux le bâti des machines. Le graissage à huile forcée est à peu près inconnu et on préfère les graisseurs à plongeurs à ceux à goutte visible.

(²) Les usines d'Oberspree et de Moabit sont de 90 000 chevaux triphasés, avec 30 000 chevaux de courant continu dans les sous-stations. A Charlottenburg, MM. Laymeyer ont une station de 2 000 kilowatts triphasés (150 000 habitants) avec une fourniture de 800 kilowatts de courant continu; c'est là une proportion qui peut servir de base aux stations modernes fournissant la lumière et la traction.

(³) A Berlin, les commutatrices de 800 kilowatts sont à 50 périodes. Les commutatrices et les moteurs générateurs sont employés dans les mêmes conditions. A la station de « Augusta Strasse » une commutatrice est munie du côté alternatif d'un survolteur accouplé directement, ce qui permet de faire varier le rapport de transformation du système.

folle; l'A. E. G. a adopté des moteurs triphasés dans ses ateliers de la « Brunnenstrasse », en raison de leur coût moindre, pour l'équipement de chaque machine-outil avec un moteur.

Les batteries d'accumulateurs sont beaucoup plus usitées en Allemagne qu'en Angleterre; elles constituent souvent une proportion de 20 à 25 p. 100 de la puissance totale de l'usine. On les emploie non seulement pour régulariser le débit des génératrices, mais aussi pour permettre à des moteurs-générateurs d'alimenter sans pulsation des lignes de tramways à 500 volts.

Pour les transports à 6 000 volts d'Oberspree, on utilise des câbles à jute imprégné, sous plomb et armés, et posés dans le sol sur un lit de sable lavé; pour 10 000 volts, on emploie le jute imprégné, le caoutchouc ou le papier; à 20 000 volts, les essais ont montré la supériorité de la stabilite sur le caoutchouc et le jute. On utilise de préférence un système de deux câbles séparés à 3 conducteurs torsadés, avec un commutateur triple à deux directions, de façon à connecter rapidement le câble de réserve en cas d'accident.

Pour les tramways, la tension de 550 volts est encore la règle; l'archet semble se développer plus vite que le trolley; les joints des rails sont souvent comblés en vue d'un roulement plus doux, des parafoudres à cornes de Siemens sont placés sur presque toutes les voitures. Les voitures à accumulateurs sont employées à l'intérieur des villes; on y rencontre aussi des voies à conduit du système Siemens (Dresde).

Le rapport se termine par quelques résultats intéressants sur l'exploitation des usines de Berlin [1].

Rapport de la commission de fabrication. — Au moment de la visite de l'« Institution » en Allemagne, l'industrie électrique y traversait une crise financière très grave. Le système de groupement des banques allemandes a évidemment l'avantage de permettre de lancer les affaires sur une échelle plus grande, avec un outillage plus spécial et plus perfectionné; mais il y a là un danger permanent au point de vue de l'extension exagérée des affaires et de la surproduction. Si cette liaison entre la finance, les usiniers et les consommateurs a pour avantage la réduction des frais de fabrication et d'administration, elle retarde bien souvent les progrès de l'industrie, comme le prouve le peu d'importance des ingénieurs-conseils en Allemagne.

Comme ateliers de construction, l'A. E. G. est le type d'ateliers réunis dans un seul grand bâtiment, MM. Schuckert, de Nurnberg, représentant au contraire, la méthode de division du travail en plusieurs petits ateliers séparés [1].

Quant au personnel technique, le rapporteur estime au dizième en moyenne des ouvriers, le nombre des ingénieurs et employés, non compris les contremaîtres, surveillants, etc., et attribue cette proportion élevée aux soins donnés aux détails d'expérience et aux essais en général [2].

Le travail fourni par l'ouvrier allemand semble en général moindre que pour l'ouvrier anglais; sa ponctualité et son esprit de discipline sont assez discutables. Le travail journalier est de neuf à dix heures à Berlin et dans la banlieue; en province, il est encore de onze à douze heures [3].

---

[1] La capacité totale des 6 usines est de 86 000 kilowatts et la charge maxima observée de 60 000 kilowatts. Elles avaient produit fin juin, 62 300 000 unités pour l'année, dont 50 000 000 environ se répartissent comme suit :

Eclairage privé. .	11 200 000	kw-h vendus à	0,60 fr
— public .	800 000	—	0,72
Moteurs.	17 300 000	—	0,192
Tramways. . . .	20 200 000	—	0,108
Service de la station	500 000	—	
Total . . .	50 000 000	au prix moyen de	0,278 fr

Prix de la houille du pays : 13,20 fr; houille de Galles. 20,20 fr la tonne.

[1] En Amérique, la première méthode est suivie par la Westinghouse C°, tandis que la seconde l'est par la General Electric C°. Il y a également 2 méthodes pour la division des services, ainsi l'Union Electricitäts-Gesellschaft, fait achever la plupart des articles dans un même service, tandis que l'A.E.G. et Siemens et Halske font exécuter, dans un même service, tous les travaux de même nature, quelle que soit leur destination. Cette dernière méthode est la plus généralement employée.

[2] La commission voit encore une autre raison dans l'absence d'ingénieurs-conseils. Les facilités pour l'éducation technique favorisent aussi la multiplication des postes secondaires qui sont assez mal rétribués. Dans presque toutes les usines, on a créé des bureaux d'études et de dessin séparés. La direction des services est confiée à des aptitudes aussi bien commerciales que techniques. Le service commercial n'a de relation avec la fabrication que par l'intermédiaire des catalogues. La durée du travail des employés est de sept heures à sept heures et demie.

[3] On a peu de renseignements sur les salaires des

Les machines-outils sont, en général, du type américain bon marché et destinées à être remplacés par d'autres plus perfectionnées au bout de quelques années. Chaque machine-outil est, la plupart du temps, actionnée par un moteur séparé, le plus souvent à courant continu; mais il y a d'importantes exceptions.

Pour le montage des tableaux de distribution, il y a à noter : le chauffage à l'électricité ou à la benzine des fers à souder (dans ce dernier cas le manche sert de réservoir de benzine), ainsi que l'usage de petites perceuses portatives pour le forage des plaques de marbre.

Les ampèremètres et voltmètres à fil chaud tendent à être remplacés par des appareils magnétiques. L'usage des wattmètres à lecture directe, sur les tableaux, est à imiter.

Dans l'établissement des dynamos à courant continu, on tend à augmenter le diamètre et à réduire la longueur des armatures. L'usage des enroulements en série parallèle est général pour le courant continu. On emploie surtout l'acier fondu.

Pour les machines et moteurs à courant alternatif, la construction est plus empirique et plus hasardée; à remarquer les inducteurs enroulés avec des bandes de cuivre laissées nues sur le côté extérieur, et les amortisseurs de Leblanc avec court-circuit par surface polaire séparée. Dans le couplage en parallèle, on charge toujours artificiellement la machine à coupler.

Dans les moteurs asynchrones, même de faible puissance, les barres tendent à être remplacées par des enroulements, même dans les rotors en court-circuit.

Pour l'assemblage des tôles, l'A. E. G. emploie deux bagues boulonnées à travers les tôles, les têtes de boulons étant reliées par des barres formant les cordes du cercle.

Discussion. — M. Alexandre Siemens après avoir rendu hommage à l'amabilité des ingénieurs allemands rappelle la visite de Dresde, où le système de chauffage et d'éclairage du Palais Royal avec les précautions prises contre l'incendie, peut être considéré comme un type du genre. L'orateur n'est pas partisan de l'habitude des fabricants allemands d'entreprendre l'exploitation et il signale l'insuccès des tramways à accumulateurs de Hanovre.

M. Hooghwinkel décrit le système à trois conducteurs avec neutre à la terre usité généralement en Allemagne sans opposition des concessionnaires de tramways ou de l'administration des Postes. La section du fil neutre est généralement 25 p. 100 de celle des autres conducteurs [1].

M. Stottner rappelle que les plus grandes commutatrices de Berlin sont de 1 250 kilowatts et sont construites par l'A. E. G.

M. O'Gorman, au sujet de la fabrication des câbles, a trouvé que les méthodes allemandes étaient plus scientifiques, mais aussi plus coûteuses. L'orateur voit le succès de la concurrence allemande dans le bon marché de la main-d'œuvre, dans la nécessité pour les Anglais d'acheter souvent du cuivre en Westphalie, et dans la liberté dont jouissent les allemands sous le rapport des règlements administratifs.

Il y a lieu de noter aussi les précautions prises dans la fabrication des câbles à hautes tensions, pour éviter la chute de poussières sur les câbles pendant le recouvrement de l'âme, entre autres, le chauffage des presses au pétrole, la suppression des courroies; le séchage dans le vide procure une économie de temps sérieuse; et l'adjonction d'une petite tréfilerie diminue notablement le stock de cuivre courant. Le mystère que font les fabricants autour de leurs compositions isolantes est à regretter au point de vue du progrès, parce qu'il oblige les chercheurs isolés à recommencer leurs investigations au même point. L'orateur constate que l'on commence à appliquer sa méthode de « dégradation » de l'isolation.

Sur les courants dérivés à la terre, provenant des distributions d'électricité, par **E. B. Wedmore**. D'après *Journal of Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 576-610, n° de mars 1902.

L'intérêt de ce sujet tient à la nécessité de protéger les observatoires contre les effets ma-

mécaniciens ; dans la station centrale de Berlin, les conducteurs de machines et de dynamos ont 0,40 fr à 0,475 fr de l'heure; les chauffeurs 0,425 fr à 0,45 fr; les surveillants de tableaux 0,475 fr à 0,55 fr; les manœuvres 0,36 fr. Le travail aux pièces est peu usité; chaque ouvrier conduit deux, et, parfois jusqu'à six machines-outils.

[1] En Angleterre, cette proportion est de 50 p. 100. La chute maxima de voltage est de 3 volts sur toute la longueur du fil neutre, et de 1 volt s'il y a des arcs. L'avantage du neutre à la terre consiste en ce que les défauts qui se présentent dans les installations, surtout

gnétiques des courants de terre et d'éviter, en général, les inconvénients de ces courants.

L'auteur considère d'abord les courants de retour des tramways et envisage la question au point de vue magnétique. Il fait remarquer que l'effet magnétique en un point quelconque du sol n'est pas dû seulement au courant dérivé en ce point, mais surtout au flux énorme d'électricité circulant entre les rails ; ces effets étant inversement proportionnels à la distance aux courants qui les produisent [1].

Pour faciliter cette étude, l'auteur a recours à l'analogie entre les flux électriques et les flux magnétiques. D'après l'équation $4\pi \times$ flux de courant $=$ force magnétomotrice, on peut cal-

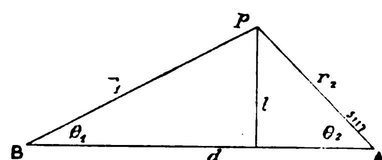


Fig. 1.

culer le courant qui enveloppe un circuit magnétique quand la force magnétomotrice ou, plus généralement, l'intégrale linéaire des forces magnétomotrices élémentaires est donnée.

Si l'on admet que la terre présente une conductibilité uniforme et si les courants de retour aboutissent au départ et à l'arrivée à des points, il n'y a pas de composante verticale de la force magnétique due aux rails ; de même à une certaine distance, la composante horizontale due au fil aérien est négligeable.

L'auteur considère un courant traversant un conducteur isolé AB, couché à la surface du sol, et une dérivation au sol issue de B et se terminant en A (fig. 1). Le courant du conducteur ne donne lieu à aucune composante horizontale à la surface. L'auteur admet que, en chaque point, le courant est la résultante, en intensité et en direction, de deux courants distribués comme s'ils étaient seuls issus de chaque point ; en outre, il suppose que la distribution du champ magnétique autour de la verticale B est uniforme et circulaire, que l'intégrale linéaire de la force magnétique le long des cercles $2\pi r$ est partout $= 4\pi c$. L'intensité du champ sera donc $\frac{2c}{r}$ en chaque point ; mais à la surface, autour de B, il sera $\frac{c}{r}$ et il ne saurait, par raison de symétrie, y avoir de composante verticale. La composante horizontale, en chaque point p distant de r_1, r_2, respectivement de B et A, sera $= \frac{cd}{r_1 r_2}$ (voir fig. 1), et la composante verticale due au courant du conducteur, sera $p = \frac{c}{l} (\cos\theta_1 + \cos\theta_2)$ [1]. La formule s'applique également à la propagation des courants de retour dans une couche mince à la surface du sol ; les composantes verticales dues au courant dérivé ne sont pas modifiées [2].

sur le pôle négatif (osmose), ne peuvent subsister sans provoquer la fusion des plombs et nécessiter une réparation.

[1] Si d'autre part, tout le courant circulait dans les rails, les effets magnétiques dus au fil aérien et aux rails s'équilibreraient pour des points situés à une certaine distance ; ce n'est pas le cas dans la réalité.

[1] M. Parry, dans l'*Electrician*, d'août 1900, a montré que, en admettant que la principale résistance au courant est au voisinage de la voie, que les rails sont uniformément à la terre, que le courant entier quitte la voie à une extrémité pour la rejoindre à l'autre, la loi de propagation du courant de dérivation suit une équation analogue à celle de Fourier pour la propagation de la chaleur dans un long conducteur chauffé à une extrémité.

[2] M. le professeur Rucker a montré l'accord entre cette théorie et les expériences faites à Stockton, sur une ligne de 3,2 km, avec des postes d'observation situés sur une perpendiculaire à la ligne, à 600 et 1 000 m de distance. Dans les expériences de M. Edler, les postes se trouvaient jusqu'à près de 9 km de distance de la ligne. La figure 2 montre les positions relatives des 7 postes d'essais et de la voie. L'auteur a calculé les courants de perte au moyen des forces observées, en supposant l'effet horizontal équivalent à celui que produirait un cou-

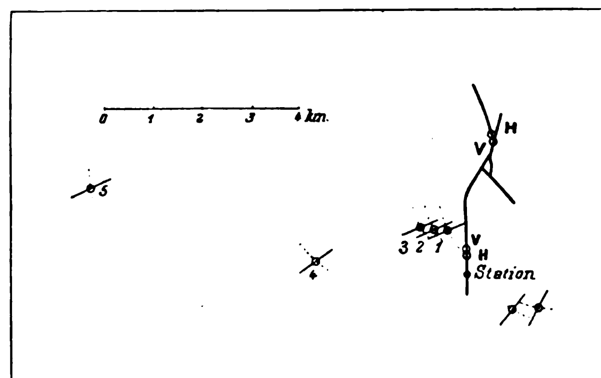


Fig. 2.

On peut donc connaître la distribution de la force magnétique dans le voisinage des rails, ainsi que la direction du flux de courant dans une couche snperficielle du sol, mais pour en calculer l'intensité, il s'agit de savoir si le courant se propage dans une couche peu épaisse seulement de la surface du sol ou dans toute la masse de la terre [1].

On pourrait croire que la présence de tuyaux métalliques augmente la conductivité du sol au voisinage de la surface à tel point que les courants de retour seraient confinés dans cette région, elle pourrait dépendre aussi des conditions atmosphériques; de plus, l'auteur a recherché l'existence de forces électromotrices de polarisation, sans avoir pu arriver à une certitude au sujet de ces phénomènes.

Des observations récentes ont montré que l'on a exagéré beaucoup les dégâts causés par l'électrolyse et qui paraissent plutôt imputables au tribut que la nature prélève sur toutes les canalisations enfouies dans le sol. Les oxydes produits par l'électrolyse tendent, du reste, à réduire notablement le courant électrolytique [1].

La notion, bien prouvée actuellement, qu'il y a une résistance pratiquement constante entre les rails et la masse du sol simplifie l'examen de bien des problèmes, entre autres, celui de la réunion des conduites d'eau aux rails d'un tramway [2].

---

rant dérivé dans le sol entre les points HH, et l'effet vertical dû à un courant uniforme dans le fil aérien entre VV. Les résultats sont consignés ci-dessous.

POSTE d'essai n°	PERTURBATION observée.		COURANT DE FUITE CALCULÉ d'après les perturbations.	
	V	H	D'après V	D'après H
			Ampères.	Ampères.
1	25,2	9,5	53	64
2	10,6	6,1	47	57 1/2
3	4,3	4,3	46 1/2	42
4	0,95	1,3	77	66
5	0,24	0,44	113	59 1/2
6	1	1,4	58 1/2	37
7	1,10	1,7	52	36 1/2

La direction des perturbations horizontales est indiquée sur la figure 2; dans le cas d'une couche de courant, ces forces seraient normales aux lignes de courant, c'est-à-dire à des cercles passant par les points HH, comme l'indique les lignes pointillées. La direction des lignes de courant ne serait pas grandement modifiée si la terre était un conducteur solide, comme le montrent les courbes établies par l'auteur dans cette hypothèse.

(1) Dans le premier cas la densité de courant serait en raison inverse de la distance des lignes de courant, dans le second, en raison inverse du carré de cette distance. Dans la pose de la ligne de la « London United Tramway C° » de 5 km environ, la chute de potentiel correspondait sur les rails à un courant de ± 15 ampères, et était de 0,2 volt par mille (1609 m), ce qui conduirait à une propagation superficielle.

D'après M. E. Parry, il y a entre un rail et la masse de la terre une résistance apparente de 465 ohms environ par mètre carré, de sorte, que, si la différence de potentiel entre le rail et la terre est de 5 volts, la densité de courant serait d'environ 1 centième d'ampère par mètre carré et diminuerait rapidement à une certaine distance des rails. La résistance totale du circuit parcouru par le courant dérivé peut être connue; si on l'attribue entièrement à la résistance offerte par la terre, on fera plutôt une erreur par excès.

L'auteur a cherché à établir les dimensions du circuit dérivé, et en a déduit aisément la résistance spécifique; elle se tient toujours au voisinage de 70 ohms par mètre carré et par mètre.

On peut appliquer la connaissance de cette résistance spécifique à la détermination du courant qui traverse un tuyau de diamètre connu, connaissant la différence de potentiel entre le tuyau et la terre. Si r_1 est le rayon extérieur du tube, r_2, le rayon d'un cylindre concentrique, plus grand que r_1, K la résistance spécifique de la terre, prise ici égale à 1050 ohms-cm, la résistance apparente par centimètre carré de surface du sol est

$$R = 2{,}3 \times K r_1 \,(\log r_2 - \log r_1)$$

Si l'on admet, avec l'auteur, que la résistance totale sera pratiquement équivalente à celle qui serait atteinte pour un rayon $r_2 = 1\,000$ cm, sans épanouissement des lignes de courant, la formule devient

$$R = 2\,500\, r_1 \,(3 - \log r_1)$$

et il est aisé de voir que plus le tube est petit, plus sera faible la résistance par centimètre carré de sa surface.

Dans l'évaluation de K, on a trouvé que le cinquième de la résistance est obtenu dans les 3 premiers mètres du sol, et la moitié dans les 30 premiers mètres. Cette valeur n'est donc pas modifiée par la considération de la pénétration du courant à quelques centaines de mètres.

(1) La formule indiquée plus haut peut être intéressante dans le cas d'une distribution à trois fils avec neutre à la terre; on en déduit que, dans certaines limites, la densité de courant de fuite est inversement proportionnelle au rayon du conducteur. La densité de courant constitue une mesure de la variation de la chute de potentiel à travers l'enveloppe du conducteur. Ainsi pour un conducteur isolé, on peut augmenter à volonté la résistance à la rupture diélectrique si on diminue suffisamment la section du fil.

(2) On a en vue par cette liaison, à la fois, de diminuer

Selon l'orateur, si on peut disposer, à la fois, de la pose des rails et des conduites, on fera bien d'employer des conduites en fonte, d'introduire une résistance à chaque joint et une résistance superficielle générale sur la conduite, afin d'éviter toute connexion avec les rails [1].

---

la surface de départ du courant sur le tuyau et d'en réduire la densité. Si le rail n'est pas relié aux conduites, son potentiel sera tel que la somme des résistances aux courants d'arrivée et de départ sur les tuyaux, soit minima. Un point situé vers le milieu du rail sera au potentiel zéro, l'extrémité la plus éloignée sera +, et celle de la station sera —. Le courant de terre sera aussi minimum. Si on connecte, l'extrémité + du rail à la conduite, la surface de départ du courant sera considérablement augmentée sur la conduite, mais la surface du rail — par rapport à la terre, sera accrue aussi, ainsi que le courant de fuite ; si on connecte l'extrémité — du rail aux tuyaux, l'ensemble du rail sera positif par rapport à la terre, le courant quittant la surface des conduites étant minimum. Si on considère la conduite comme une extension des rails, la meilleure protection s'obtiendra quand on y reliera le point au potentiel zéro. On augmente de cette façon le courant transporté par les conduites d'où un danger à l'endroit où la conduite présente un joint défectueux.

[1] Discussion. — *M. Glazebrook* a employé les mêmes formules que M. Wedmore pour établir les perturbations magnétiques produites par les lignes de tramways. Il montre la concordance entre les forces observées et calculées ; cette concordance est toutefois moins satisfaisante pour les perturbations horizontales.

M. Parry rappelle qu'il a traité le sujet en se basant sur l'évidente analogie entre la fuite de courant produite entre deux points à des potentiels différents d'un rail, et la perte de chaleur sur une barre chauffée à un point et refroidie à un autre, dans un milieu peu conducteur. Ce qui a frappé l'orateur dans ses observations, c'est le caractère exponentiel de la fuite le long du rail, l'indépendance entre ces fuites et les conditions atmosphériques, le peu d'influence sur ces fuites de la présence de conduites métalliques non reliées aux rails.

L'orateur, tout en reconnaissant que la distribution du courant dans la terre ne saurait être rigoureusement uniforme, estime que l'on peut supposer que la terre peut être traitée comme un conducteur solide et homogène dans tous les problèmes pratiques.

M. Trotter craint que dans les expériences précitées on n'ait pas suffisamment tenu compte des courants telluriques permanents, bien connus des télégraphistes. En ce qui concerne la distribution du potentiel dans le sol, M. Trotter a fait quelques expériences avec le concours de M. Wedmore sur la distribution obtenue sur des feuilles d'étain.

(Le journal donne les résultats obtenus, en 5 figures, que nous ne reproduisons pas à cause de leur intérêt purement théorique).

D'après les expériences de *M. Walker*, la terre ne serait plus, à la surface, conductrice à partir de 1,20 m à 1,50 m de la surface ; et, dans ces limites, les télégraphistes estiment la résistivité à $1,4.10^6$ ohms-cm environ. On trouve des couches assez conductrices à une centaine de mètres environ de la surface du sol. L'orateur croit également qu'on exagère les effets électrolytiques des courants de retour. L'humidité ne pénètre, en cas de pluie, qu'à une faible profondeur et l'oxydation tend après un certain séjour des conduites, à limiter tout effet d'électrolyse, les corrosions dues aux sels répandus dans le sol semblent être bien plus sérieuses que du fait de l'électrolyse. (Des expériences faites en Amérique, ont montré que, dans quelques mois, le courant de départ sur des plaques métalliques reliées aux rails diminue dans la proportion de 20 à 1).

M. Walker attribue les perturbations qu'il a pu observer, même dans un téléphone, à une distance de 9 km d'une voie de 3 km de long, à la disposition dissymétrique du fil aérien et des rails même quand ces derniers conduisent tout le courant de retour.

M. Sayers n'est pas partisan de relier les rails aux conduites métalliques quand ces dernières ne sont pas posées sous le contrôle des ingénieurs du tramway. Mais il a eu lui-même à poser des feeders le long d'une voie ; ces feeders étaient placés dans des tuyaux en fonte dont il était impossible d'éviter çà et là un contact avec les rails ; aussi prit-on le parti de relier franchement les tuyaux aux rails, en les reliant entre eux aux points de jonction par un fil de cuivre ; l'enveloppe de plomb des câbles formait d'ailleurs un conducteur continu, grâce aux joints soudés. Les tuyaux étaient reliés au pôle — de la station.

MM. Adams et Mordey insistent tous deux sur la distinction à établir entre les courants telluriques et les courants de fuite de distribution.

M. Mordey rappelle les observations qu'il a pu faire sur des lignes télégraphiques avant qu'il n'existât aucune ligne de lumière ou de tramway. Sur une ligne télégraphique de 110 km il a trouvé une chute de potentiel moyenne de 1,25 volt *par kilomètre*, il se souvient même d'avoir fait marcher un petit moteur électrique au moyen de ces courants telluriques.

M. Mordey estime que les quelques cas d'électrolyse qui se présentent peuvent être attribués surtout aux courants telluriques.

Dans sa réplique, *M. Wedmore* croit, au contraire, que l'existence des forts courants dérivés ne peut être niée. Ses expériences sur le « London United Tramway » indiquaient l'existence de fluctuations et de changement de sens du courant pendant la journée ; à l'arrêt des tramways, ces variations disparaissaient et le courant

SECTION LOCALE DE DUBLIN

Séance du 14 novembre 1901.

Compte rendu de la visite de l'Institution en Allemagne en juin 1901, par P.-S. Sheardown.

D'après *Journal of Institut. of. El. Eng.*, t. XXXI, p. 611-629, numéro de mars 1902.

Nous extrayons de ce rapport les remarques les plus intéressantes sur l'industrie électrique

en Allemagne, en complétant celles que nous avons déjà données dans l'analyse des rapports des commissions de l'Institution sur sa visite en Allemagne.

L'auteur de ce compte rendu rappelle la visite aux tramways de Hanovre qui comprennent plus de 700 voitures, dont quelques-unes à impériale. La distribution est à fil aérien hors ville et les voitures sont munies de l'archet Siemens; à l'intérieur, les moteurs sont alimentés par des accumulateurs chargés en cours de route.

A Berlin, l'Institution visita les six stations centrales de distribution qui appartiennent toutes à la même Compagnie ([1]).

tombait à 1/6 de sa valeur pendant la journée. Au sujet de la distinction établie par M. Trotter entre les mesures de courant et les mesures de potentiel, l'orateur fait remarquer que, si l'on prend la différence de potentiel entre un point et une plaque de terre, et que l'on répète cette mesure en un autre point très éloigné du premier, la différence algébrique des deux lectures peut servir à évaluer le courant qui circule entre ces deux points; toute autre mesure des potentiels, dans ce but, ne lui semble pas exacte. P.-L. C.

([1]) Dans la station de Schiffbauerdamm, il y a 3 moteurs verticaux de 1 000 chevaux couplés chacun à 2 dynamos du type à induit à anneau extérieur dont les barres forment collecteur à la périphérie. L'auteur remarque que ce type est inconnu en Angleterre. Chaque dynamo peut débiter 2 600 ampères à 140 volts, alimentant la distribution à 3 fils. Il y a, en outre, deux alternateurs triphasés de 2 000 chevaux, à 3 000 volts, dont le courant est transformé entièrement en courant continu à la station de Markrafenstrasse, où l'emplacement faisait défaut.

A la station de la Luisenstrasse, il y a trois groupes générateurs du type le plus récent et comprenant chacun un moteur Sulzer vertical à triple expansion, accouplé à deux dynamos de 1 000 chevaux à 280 volts. Le kilowatt y est produit, dit-on, avec une dépense de 650 à 700 gr de charbon.

La station de Moabit est munie de 3 groupes : les moteurs horizontaux sont à triple expansion, avec quatre cylindres disposés sur deux lignes en tandem; un alternateur triphasé de 6 000 volts est accouplé aux moteurs entre les deux lignes de cylindres. Avec le quatrième groupe en construction, la station aura une puissance de 36 000 chevaux.

La sous-station à commutatrices de la Königin Augusta Strasse est intéressante par le réglage de la tension dans ces appareils, suivant une méthode due à M. Dobrowolski : la machine est pourvue de deux induits sur le même arbre, avec deux inducteurs séparés. Le courant triphasé est reçu dans le premier induit et le courant continu est produit par le second; de sorte que la première machine fonctionne comme un survolteur où le voltage peut être modifié de 20 p. 100 en plus ou en moins au moyen de l'excitation. L'auteur estime ce système dispendieux, mais très satisfaisant.

La visite à la maison Siemens fournit à l'auteur l'occasion d'en faire un court historique et une description intéressante. Il décrit aussi les voitures employées au chemin de fer de Berlin-Zossen ([1]) et mentionne de grands alternateurs de 13 500 volts.

Il relate ensuite la visite à la ligne d'essai de tramways à haute tension, que la maison Siemens a construite à Gross Lichterfelde :

L'usine de câbles de l'A. E. G. a été visitée ensuite; l'auteur y remarque l'installation d'essai à 50 000 volts et la supériorité de l'isolation en « stabilite » sur celle en papier imprégné. La station d'Oberspree, avec sa puissance de 54 000 chevaux quand elle sera terminée, a vivement intéressé les visiteurs, de même que les ateliers de l'A. E. G.

La visite continue par le Chemin de fer aérien et souterrain de Berlin et par l'Ecole supérieure technique de Berlin. L'auteur y remarque une machine à vapeur à triple expansion à laquelle on ajouta un quatrième cylindre actionné par l'acide sulfureux volatilisé dans le condenseur de la première machine; dans ce condenseur l'acide sulfureux joue le rôle de l'eau dans les condenseurs ordinaires. Quand il a traversé le cylindre de la machine, il va se condenser à nouveau dans un récipient entouré d'eau froide. La puissance de la machine se trouve augmentée de 34,2 p. 100, et la consommation de vapeur est de 3,78 kg de vapeur par cheval-heure indiqué.

A Francfort, l'Institution visite les ateliers de l' « Electricitaets Actien Gesellschaft » anciennement Lahmeyer et Cie; cette usine compte actuellement 2 100 ouvriers et 756 employés. Comme dans les autres grandes usines d'électricité déjà visitées, la plupart des machines sont actionnées séparément ou par groupes, par des moteurs électriques, généralement triphasés, mais à courant continu quand on a besoin de vitesses variables.

A Wiesbaden, l'Institution put visiter une station très intéressante, combinée en vue de la traction et de la lumière, pour laquelle on utilise les courants triphasés. Un alternateur triphasé, de 2 400 volts, une dynamo de 500 volts, et une

([1]) Une description complète de cette ligne a été donnée dans *L'Éclairage Électrique*, t. XXXI, p. 7-93; 5, 19 et 25 avril 1902.

excitatrice sont toutes trois actionnées par une machine Corliss horizontale et montées sur le même arbre. La machine est assez forte pour actionner seulement l'une des premières dynamos à pleine charge, les groupes les plus puissants comprenant une machine de 900 à 1200 chevaux accouplée à un alternateur triphasé de 800 kilowatts et à une machine à courant continu de même puissance; de cette façon, dit-on, les machines peuvent être plus aisément maintenues à pleine charge dans un service combiné de traction et de lumière.

L'auteur termine en constatant la tendance des grandes usines à déplacer les machines-outils, à l'intérieur des ateliers, et à laisser fixes les grandes pièces de machines; cette manière de faire est nécessitée par l'accroissement continuel des dimensions des machines et par la facilité de manipulation des machines-outils actionnées par un moteur électrique.

SECTION LOCALE DE MANCHESTER

Séance du 11 décembre 1901.

Rupture d'arbres de machines directement accouplées, par **J. Frith** et **H. Lamb**. D'après *Journal of Instit. of El. Eng.* t. XXXI, p. 646 667, numéro de mars 1902.

Dans cette communication, les auteurs ont en vue les ruptures d'arbres provenant d'oscillations libres des masses qui y sont fixées, en synchronisme avec les pulsations périodiques d'une force extérieure qui entraîne le système. Ils examinent, dans ce but, quelques problèmes sur les oscillations d'arbres pourvus de masses.

Considérons d'abord un arbre encastré à une extrémité, libre à l'autre, soumis à un couple de torsion et abandonné ensuite à lui-même, il oscillera, suivant une harmonique simple, dont la période est

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{m_0}},$$

M étant le moment d'inertie de la masse, m_0 le couple de torsion nécessaire pour tordre l'arbre de l'unité d'angle.

Si l'arbre est porté par des paliers, avec des masses fixées à ses deux extrémités supposées libres, et si l'on applique un couple de torsion, en sens contraires, à chaque masse, le système abandonné à lui-même oscillera avec une période.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{m_0}\left(\frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}\right)},$$

M_1 M_2 étant les moments d'inertie des deux masses.

Si un couple périodique extérieur, de même période que celui des oscillations précédentes est appliqué à l'arbre dans ces conditions, les amplitudes des oscillations croîtront jusqu'à la rupture.

S'il y a trois masses fixées sur l'arbre à certains intervalles de sa longueur, quel que soit le sens du couple de torsion primitivement appliqué à chaque masse, on démontre qu'il ne peut y avoir que deux modes d'oscillation du système avec des périodes

$$T_1 = \frac{2\pi}{n_1}, \quad T_2 = \frac{2\pi}{n_2},$$

où n_1^2, n_2^2 sont les racines d'une équation du quatrième degré en n. Si M_1, M_2, M_3 sont les moments d'inertie des trois masses, on démontre que les deux périodes ci-dessus sont, en grandeur, extérieures aux périodes des oscillations que prendraient séparément les deux masses M_1, M_2 et les masses M_2, M_3 si elles étaient seules sur l'arbre. Si un couple périodique agit sur une partie quelconque du système et se trouve en synchronisme avec les oscillations libres précédentes, ces oscillations croîtront de nouveau en amplitude jusqu'à la rupture. Dans tous les cas de la pratique, néanmoins, les oscillations libres ne sont pas entretenues par une action extérieure et s'amortissent rapidement par le fait des frottements.

Il est hors de doute que, dans une dynamo, avec volant, accouplée directement aux pièces d'un moteur animées du mouvement alternatif, des oscillations de ce genre se produisent. On pourrait croire que la durée de ces oscillations, par suite de la grande rigidité de l'arbre, est d'un ordre très inférieur à celle du mouvement alternatif du moteur, et que par suite il ne saurait être question de synchronisme. Mais les auteurs, en appliquant le calcul au cas d'un moteur accouplé à deux armatures en tandem, ont trouvé des oscillations de période très voisines des alternativités du moteur. Des calculs de ce genre ne doivent, toutefois, être considérés que comme une indication : le moment d'inertie d'une surface varie, en effet, avec la quatrième puissance des dimensions linéaires, ce qui

expose à des erreurs notables, s'il y a une incertitude dans les mesures [1].

On peut démontrer que, pour les machines à deux manivelles, à 90°, ou à 3 manivelles à 120°, on peut substituer à l'inertie de ces pièces, pour le calcul, une masse de révolution équivalente à laquelle on ajoutera le moment d'inertie équivalent de la bielle dû à son déplacement transversal. En appliquant ce moment dans les plans de symétrie des machines, le calcul donnera une idée de l'ordre de grandeur des oscillations libres de l'arbre. Dans les groupements constitués avec une seule dynamo par moteur, l'inertie de ce dernier sera relativement faible de sorte que les oscillations libres seront de période trop courte pour entrer en synchronisme avec les pulsations de la machine. Au contraire dans les machines accouplées à deux dynamos en tandem ou de chaque côté de la manivelle, l'inertie du moteur est plus grande que celle de la dynamo et l'arbre est, en général, plus long, de sorte que les oscillations libres ont des périodes de durée assez longues pour entrer en synchronisme.

Le couple de torsion dû à l'entraînement du moteur ne modifie pas la période des oscillations, il ne peut que déplacer le plan d'oscillation. D'autre part, les frottements du piston, des tiroirs et des paliers, tendent à allonger la durée des oscillations.

Il est aisé de voir que le couple de torsion due à la pression de la vapeur sur le piston peut se décomposer en deux autres, dont l'un est le couple moyen, correspondant à la charge constante de la machine, et l'autre, un couple alternatif, qui dans une machine à deux manivelles, à 180°, aura deux périodes par tour. Pour deux manivelles, à 90°, et un moteur à double action, il y aura quatre périodes par tour; pour 3 manivelles à 120°, à double action, on a 6 périodes; c'est le cas des moteurs Willans.

Les auteurs indiquent la manière de calculer les amplitudes des oscillations forcées, dans le cas de 3 masses calées sur un arbre; la méthode s'applique, du reste aisément à tous les dispositifs de moteurs et de dynamos. Ces calculs suffiront pour indiquer si l'amplitude des oscillations forcées est de l'ordre de grandeur de celle des oscillations libres et, dans ce cas, il faudra modifier la rigidité de l'arbre de façon à réduire les oscillations forcées. Ces oscillations produisant d'ailleurs des changements de sens dans les efforts auxquels sont soumis les matériaux, la charge de rupture en est beaucoup diminuée, et il sera de toute nécessité d'augmenter le coefficient de sécurité. Le synchronisme des oscillations est surtout à redouter dans les machines à grande vitesse, et dans les moteurs actionnant deux dynamos, comme aussi, dans le cas d'une seule dynamo avec volant intermédiaire sur un arbre séparé.

P.-L. Charpentier.

---

[1] Les auteurs font remarquer néanmoins qu'on peut déterminer très exactement le moment d'inertie par l'expérience. Si l'on suspend une armature verticalement au moyen d'un bifilaire de longueur l, d'écartement $2a$, le poids de l'armature étant W, et la période d'oscillation du système T, le rayon de giration k est donné par : $k^2 = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{ga^2}{l}$. Une autre méthode consiste à placer les extrémités de l'arbre sur 2 rails, et à fixer à la masse un poids additionnel connu de façon à déplacer le centre de gravité en dehors de l'axe de l'armature; le système oscillera comme un pendule composé. Enfin, on peut supporter l'armature suivant un axe de suspension parallèle à l'axe du système, le rayon de giration sera alors donné[2] par $k = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot hg - h^2$, h étant la distance des 2 axes.

Quant aux moments d'inertie des pièces du moteur, on peut les calculer simplement. Pour les machines à une manivelle, si r désigne la longueur de la manivelle, θ l'angle qu'elle fait à chaque instant avec l'axe du piston, W le poids des pièces animées du mouvement de va-et-vient, le moment d'inertie de ces pièces est, en négligeant l'obliquité de la bielle

$$M = \frac{W}{g} r^2 \sin\theta = \frac{1}{2} \frac{W}{g} r^2 (1 - \cos 2\theta)$$

et varie entre o et $\frac{W}{g} r^2$, la valeur moyenne étant $\frac{W}{g} r^2$.

Pour 2 manivelles à 180°, avec des poids W_1 et W_2, il est $M = \frac{r^2}{2g} (1 - \cos\theta)(W_1 + W_2)$ et varie entre o et $\frac{r^2}{g}(W_1 + W_2)$, la valeur moyenne étant $\frac{r^2}{2g}(W_1 + W_2)$.

Pour 2 manivelles, à 90°, $M = \frac{r^2}{2g}\left[(W_1 + W_2) - \cos 2\theta (W_1 - W_2)\right]$ et si $W_1 = W_2$.

$$M = \frac{W_1}{g} r^2$$

qui est constant pendant la révolution.

Pour 3 bielles à 120°, ayant le même poids W, le moment d'inertie est constant et égal à

$$M = \frac{3}{2} \frac{W}{g} r^2$$

Le Gérant : C NAUD.

Tome XXXII. Samedi 16 août 1902. 9e Année. — N° 33.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

CONCOURS D'ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

DE LA MARINE NATIONALE (1901-1902)

Une brochure qui vient d'être publiée [1] nous donne le résultat d'essais importants que la Marine française a entrepris sur les accumulateurs électriques destinés aux bateaux sous-marins.

Conditions du concours. — Pour les essais d'endurance, qui sont seuls mentionnés ici, les éléments étaient groupés en tension ; après une première charge de quatre heures au régime de 330 ampères, la première décharge a été effectuée à une intensité de 660 ampères. Toutes les décharges suivantes ont eu lieu à ce même régime, et chacune d'elles était arrêtée lorsqu'un élément quelconque avait atteint la différence de potentiel, 1,65 volt à ses bornes. Toutes les charges se faisaient à l'intensité de 330 ampères et étaient réglées de manière à restituer aux éléments une quantité d'électricité supérieure de 50 p. 100 à celle fournie pendant la décharge précédente.

Toutes les mesures étaient déterminées par les soins du Laboratoire central d'électricité. Les éléments subissaient 2 décharges et 2 charges par jour ; la première, celle du matin, avait lieu après isolement depuis la veille au soir. Le lundi matin, la décharge était effectuée après une période d'isolement plus longue encore puisque le dimanche était jour de repos.

Les éléments devaient satisfaire à des conditions maxima de poids et d'encombrement. Pour le poids, chaque élément complet ne devait pas dépasser 225 kg. Dans les conditions ci-dessus spécifiées, le nombre de décharges et charges devait atteindre 150.

(1) Résumé des essais d'endurance. Imprimerie de Vaugirard, 152, rue de Vaugirard, Paris.

Lorsqu'un élément tombait à 1,65 volt en moins d'une demi-heure, il était retiré définitivement du circuit et démonté en présence du constructeur et d'un représentant du service de la surveillance de la Marine.

Classification des accumulateurs ayant pris part au concours. — Treize constructeurs ont répondu à l'appel du Ministère de la Marine. Quelques-uns ayant présenté deux éléments distincts, différant soit par le procédé de fabrication, soit par le montage, le nombre total d'éléments s'est élevé à 21. Le tableau donne d'ailleurs, avec la nomenclature des accumulateurs présentés, les types des plaques de chacun d'eux.

Tableau I.

DÉSIGNATION de l'élément	CONSTRUCTEUR	TYPE DES PLAQUES	
		Positives	Négatives
A	Union.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
B	Union.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
C	Chapuy.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
D	Fulmen-Blot.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
E	Trav. élect. des Métaux.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
F	Trav. élect. des Métaux.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
G	Tudor.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
H	Phénix.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
I	Phénix.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
J	Excelsior.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
K	Société Génér[le] élect. de Nancy.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
L	Invicta.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
M	Fulmen d'Arsonval.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
N	Blot.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
O	Blot.	genre Planté.	genre Planté.
P	Geoffroy et Delore.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
Q	Julien.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
R	Julien.	genre Planté.	à oxyde rapporté.
S	Heinz.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
T	Max.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.
U	Max.	à oxyde rapporté.	à oxyde rapporté.

Comme l'indique ce tableau, onze éléments ont leurs deux électrodes à oxyde rapporté, un seul a ses deux électrodes genre Planté et neuf autres sont du type mixte : positives Planté et négatives à oxyde rapporté.

Résultats des essais d'endurance. — La première décharge officielle, effectuée le 10 octobre 1901 dure une heure quatre minutes et est arrêtée par l'élément H (Phénix). Le tableau II montre le rang des différents éléments à la fin de cette décharge.

Après 16 décharges, l'élément R (Puissance et Lumière) est éliminé ; il n'a pu donner que seize minutes de décharge. Le démontage montre que l'élément a un franc court-circuit à la partie inférieure des plaques.

A la 18e décharge, l'élément H (Phénix), qui ne débite que pendant vingt-deux minutes, est mis hors circuit. Sa chute serait due, d'après le constructeur, à un manque de formation [1].

L'élément K (Société électrique de Nancy), ne donnant que vingt-sept minutes à la

[1] Cependant, après reformation, l'élément, remis en essai à titre officieux ne fonctionna pas mieux et dut être définitivement éliminé.

25e décharge, est à son tour éliminé. La cause en est attribuée à un montage absolument défectueux.

Après 34 décharges, c'est l'élément Q (Puissance et Lumière) qui est retiré du circuit pour avoir arrêté la décharge après vingt-cinq minutes. On reconnaît, au démontage que cet élément présente un court-circuit absolument semblable à celui de l'élément R de la même Société.

A la 35e décharge, l'élément P (Oméga) qui ne donne que vingt-neuf minutes trente secondes est éliminé. Son démontage, qui est très pénible, montre des défectuosités de montage et quelques dérivations. D'après le constructeur il y aurait eu une mauvaise formation.

Le tableau II indique quelle est, à la 50e décharge, la place occupée par les différents concurrents.

TABLEAU II.

RANG occupé par les concurrents à la 1re décharge.	RANG occupé par les concurrents à la 50e décharge.	RANG occupé par les concurrents à la 100e décharge.	RANG occupé par les concurrents à la 150e décharge.	RANG occupé par les concurrents à la 200e décharge.	RANG occupé par les concurrents à la 251e décharge.
1. F. Trav. élec. d. mét.	1. M. Ful. d'Arsonval.	1. M. Ful. d'Arsonval.	1. S. Heinz.	1. S. Heinz.	1. S. Heinz.
2. E. *Id.*	2. F. Trav. élec. d. mét.	2. F. Trav. élec. d. Mét.	2. B. Union.	2. F. Trav. élec. d. met.	2. B. Union.
3. D. Fulmen-Blot.	3. D. Fulmen-Blot.	3. B. Union.	3. M. Ful. d'Arsonval.	3. B. Union.	3. F. Trav. élec. d. mét.
4. M. Ful. d'Arsonval.	4. B. Union.	4. D. Fulmen-Blot.	4. E. Trav. élec. d. mét.	4. M. Ful. d'Arsonval.	4. U. Max.
5. B. Union.	5. E. Trav. élec. d. mét.	5. E. Trav. élec. d. Mét.	5. F. Trav. élec. d. mét.	5. E. Trav. élec. d. mét.	5. M. Ful. d'Arsonval.
6. G. Tudor.	6. S. Heinz.	6. S. Heinz.	6. D. Fulmen-Blot.	6. U. Max.	
7. R. Puis. et Lum.	7. A. Union.	7. U. Max.	7. U. Max.	7. N. Blot.	
8. A. Union.	8. G. Tudor.	8. N. Blot.	8. N. Blot.		
9. L. Invicta.	9. U. Max.	9. A. Union.	9. O. Blot.		
10. U. Max-Ruffy.	10. N. Blot.	10. O. Blot.	10. I. Phénix.		
11. S. Heinz.	11. C. Chapuy.	11. I. Phénix.	11. A. Union.		
12. J. Excelsior.	12. J. Excelsior.	12. G. Tudor.			
13. I. Phénix.	13. I. Phénix.	13. G. Chapuy.			
14. C. Chapuy.	14. L. Invicta.				
15. Q. Puis. et Lum.	15. O. Blot.				
16. N. Blot.	16. T. Max.				
17. T. Max.					
18. O. Blot.					
19. K. Elect. de Nancy.					
20. P. Oméga.					
21. H. Phénix.					

La 68e décharge ne dure que quinze minutes et est limitée par l'élément L (Invicta) qui est mis hors circuit. Cet élément présente de multiples dérivations causées par la chute de la matière active et par un intervalle insuffisant (2 cm) laissé entre l'extrémité inférieure des plaques et le fond du bac [1].

A la décharge suivante (69e) l'élément T (Max) arrête la décharge après dix-sept minutes et est éliminé. On constate au démontage que cet appareil a péri par suite de dérivations résultant de la métallisation de l'amiante servant à isoler les électrodes.

Après 92 décharges, l'accumulateur J (Excelsior) qui ne fait que vingt-cinq minutes, est à son tour éliminé. Cet appareil présente un court-circuit à l'extrémité supérieure des plaques [2].

[1] Cet élément, soigneusement lavé et remonté, a pu fonctionner à titre officieux jusqu'à la 155e décharge. A ce moment, il a été redémonté et reconnu inapte au service.

[2] Débarrassé de ce court-circuit et désulfaté, cet élément a pu se maintenir officieusement jusqu'à la fin du concours.

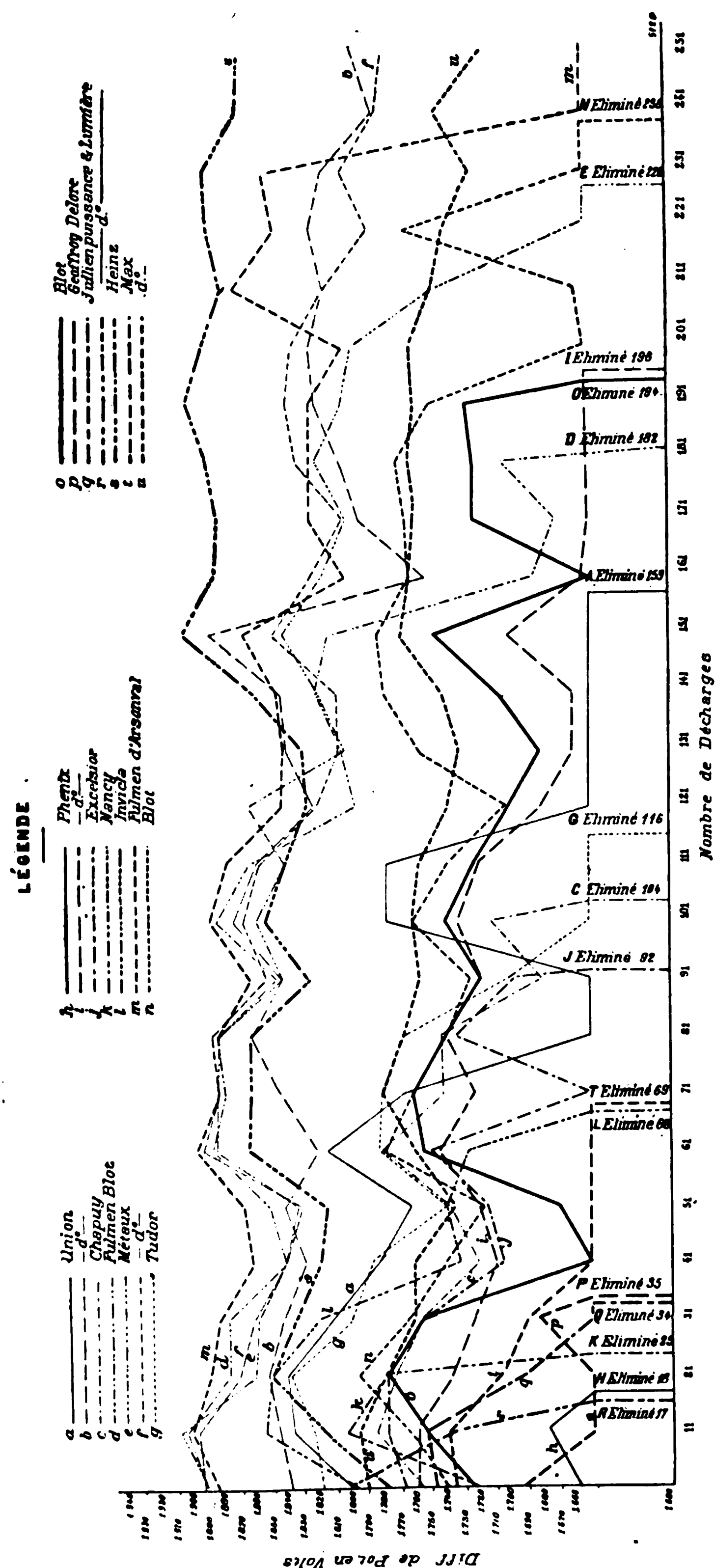


Fig. 1.

Treize éléments restent encore en présence à la 100e décharge ; le rang de chacun de ceux-ci est donné par le tableau II.

La durée de la 104e décharge est de vingt-cinq minutes seulement, par suite de la chute de l'accumulateur C (Chapuy) qui est éliminé. Le démontage de cet appareil est très difficile ; il montre que la matière positive se désagrège malgré la présence d'une gaine isolante en porcelaine protégeant celle-ci.

L'accumulateur G (Tudor) est retiré après la 115e décharge où il ne donne que dix-huit minutes. Cet élément possède une multitude de dérivations causées par la métallisation de l'amiante dont les feuilles épaisses disposées entre les plaques positives et négatives servent d'uniques séparateurs (1).

Il reste encore onze concurrents à la 150e décharge dont le classement est donné par le tableau II.

La Marine, jugeant ce nombre trop élevé, décide de prolonger le concours jusqu'à élimination d'un nombre suffisant d'éléments.

L'accumulateur A (Union) est retiré du circuit à la 159e décharge où il ne donne que treize minutes. Les négatives de cet élément sont complètement sulfatées ; on remarque de plus la présence d'une grande quantité de mousses provenant de ces plaques.

(1) Remis en essai, à titre officieux, après lavage, l'élément a dû être retiré à nouveau, la métallisation de l'amiante ne tardant pas à se reproduire.

L'accumulateur D (Blot-Fulmen) est éliminé à la 182e décharge qu'il arrête après vingt-deux minutes. A la visite de cet élément, on constate la présence de dérivations occasionnées par des mousses.

A la 194e décharge, l'élément O (Blot) ne donne que vingt-quatre minutes trente secondes de décharge et est mis hors circuit. Comme le précédent, cet appareil possède des dérivations occasionnées par des mousses ; de plus, ses négatives sont très fortement sulfatées.

L'accumulateur I (Phénix) ne fait que vingt-sept minutes trente secondes à la 196e décharge ; il est retiré du circuit. Au démontage, on le trouve en bon état apparent et on attribue sa chute au peu d'adhérence de la matière positive autour du conducteur [1].

A la 200e décharge, 7 éléments restent encore en présence ; le tableau II indique le rang de ceux-ci.

La 228e décharge est limitée en ving-cinq minutes par l'élément E (Métaux) par suite de dérivations et de sulfatation des négatives de celui-ci.

L'accumulateur N (Blot) est éliminé à la 229e décharge qui ne dure que vingt-cinq minutes. Cet élément démonté présente de nombreuses mousses provenant des négatives.

La 251e et dernière décharge est effectuée le 17 mars 1902. A la fin de cette décharge, voici quelle est la position des cinq éléments qui restent :

1.	S. (Heinz)	terminé à	1,860 volt.
2.	B. (Union)	—	1,790 »
3.	F. (Trav. élect. des métaux) .	—	1,772 »
4.	U. (Mar)	—	1,714 »
5.	M. (Fulmen d'Arsonval) . . .	—	1,650 »

De ces cinq éléments, seuls M et U accusent une baisse de capacité très sensible et limitent à tour de rôle.

Il est intéressant de remarquer que sur ces cinq accumulateurs, quatre ont leurs deux électrodes du type à oxyde rapporté et un seul (M) possède des positives genre Planté.

On trouvera dans la figure 1 les courbes résumant ces essais d'endurance. Ces courbes montrent la variation de la tension finale aux bornes de chaque élément, en fonction du nombre de décharges, les points étant relevés de 10 en 10 décharges.

Les observations relatives aux différents éléments ainsi que le classement final ci-dessus ont été très fidèlement extraits de la brochure mentionnée. Cependant, le classement d'après la différence de potentiel finale à la 251e décharge ne nous paraît pas absolu, au point de vue des qualités d'endurance des cinq derniers éléments. Une indication très précieuse pourrait être donnée par l'état des plaques à la fin des essais ; malheureusement, il n'en est pas fait mention dans la brochure.

Nous croyons savoir d'autre part que différentes autres épreuves très intéressantes ont été entreprises par la Marine sur les accumulateurs de ce concours. Comme ces essais ne sont pas publiés et qu'ils sont indispensables pour se rendre compte des qualités relatives des cinq derniers éléments, nous nous abstiendrons ici de proclamer le ou les vainqueurs.

---

[1] Après remontage, l'élément a subi une double inversion de polarités, ce qui a paru le remettre momentanément en état.

Quant aux résultats annoncés pour l'endurance, nous les considérons comme très satisfaisants puisque différents types sont capables d'effectuer, sans la moindre opération d'entretien, plus de 250 décharges-charges à régimes très élevés. En adoptant le poids maximum imposé par la Marine, soit 225 kg pour l'élément complet, on trouve en effet pour les régimes : 3 ampères par kilogramme de poids total, ou près de 5 ampères par kilogramme d'électrodes, à la décharge ; et la moitié de ces valeurs à la charge.

Ce qui est surtout remarquable, c'est l'aptitude aux décharges rapides des plaques à oxyde rapporté. Ce fait est nettement mis en évidence ici puisque sur 11 éléments à oxyde rapporté, 4 sont arrivés jusqu'au bout, tandis qu'il ne reste plus à la fin qu'un élément sur 9 à positives genre Planté. Nous estimons qu'il y a là un très réel progrès dans la fabrication des électrodes de ce genre.

J. Reyval.

LE COMPOUNDAGE ÉLECTROMÉCANIQUE
DES GROUPES ÉLECTROGÈNES
PAR LE RÉGULATEUR J. L. ROUTIN

DESCRIPTION DU SYSTÈME J. L. ROUTIN (*suite* [1])

E. Dispositions complémentaires. — 1. *Disposition permettant de faire varier la vitesse du mécanisme de réglage.* — Il peut être désirable dans certains cas particuliers de faire varier la vitesse de déplacement du vannage en la proportionnant à l'importance de la variation de charge.

Ce résultat peut être obtenu par un dispositif du genre de celui représenté par la figure 14.

Supposons, pour examiner un cas différent du précédent, que la manœuvre soit produite par un encliquetage mécanique mû par le moteur (au lieu d'un servo-moteur hydraulique, comme en figure 2).

L représente le levier du moteur M (voir fig. 2); β_1, β_2, β_3, trois butées successives de longueurs décroissantes constituées chacune par un tube métallique dans lequel peut glisser une tige sollicitée par un ressort; ce ressort s'oppose à l'enfoncement de la tige dans le tube et vient ainsi augmenter, momentanément, sous l'effet d'une pression l'action du contrepoids P; *p*, une batterie de piles auxiliaires; R, le rochet communiquant l'un des mouvements (ouverture ou fermeture) à l'organe régulateur; *b*, la bielle actionnée par le moteur du groupe et entraînant dans son mouvement de va-et-vient le bras oscillant *c* porteur du cliquet *d*. Ce cliquet peut être mis en action par l'électro-aimant *e* et est ramené à la position d'inaction par le ressort antagoniste *f*.

La douille de rotation du bras oscillant porte un contact électrique en forme de portion de cylindre limité à deux génératrices, isolé de la masse, et relié à l'une des extrémités

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 9 août, p. 189.

de l'électro *e*; sur ce contact viennent appuyer successivement, dans le mouvement d'action (indiqué par le sens de la flèche) du bras *c*, les trois balais g_3, g_2, g_1, reliés respectivement aux butées β_1, β_2, β_3. Ce résultat est obtenu par un simple décalage des balais, comme le montre clairement le développement du contact cylindrique représenté à part. Les pôles de la batterie sont reliés l'un au levier L_2 et l'autre à la seconde extrémité du bobinage de *e*.

On comprend immédiatement que le dispositif permet d'utiliser tout ou partie de la course active du bras, suivant que le levier est plus ou moins énergiquement pressé contre les butées.

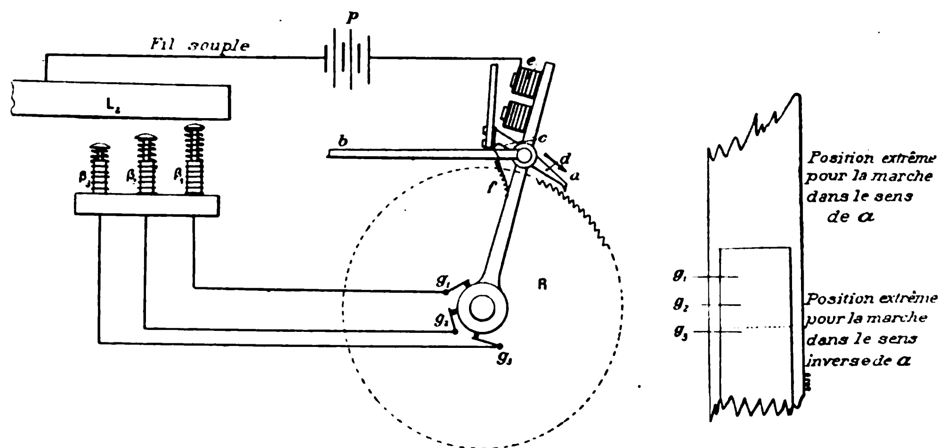


Fig. 14. — Dispositif spécial du régulateur J.-L. Routin permettant de faire varier la vitesse de déplacement de l'organe régulateur avec la variation de charge.

On pourrait, par une disposition analogue, commander la mise en marche plus ou moins rapide d'un moteur électrique destiné à actionner le mécanisme de réglage. Il suffirait, dans ce cas, d'intercaler dans le circuit de la batterie auxiliaire trois électro-aimants mis en action successivement par β_1, β_2, β_3 et produisant, le premier la fermeture de l'interrupteur de mise en marche, le second et le troisième l'accélération de la vitesse du moteur par des moyens connus.

2. *Transformateur de phase.* — Nous avons vu que les connexions aux secondaires du transformateur N (fig. 2) devaient être faites de façon que toute augmentation du courant principal entraîne une chute de tension aux bornes de M.

Dans ce but, et pour tenir compte des variations dans le déphasage du courant principal, on pourra être amené à faire usage d'un transformateur spécial permettant de faire varier les déphasages des forces électromotrices opposées par le compoundage. Cet appareil a été représenté schématiquement figure 15 dans l'hypothèse d'un générateur triphasé.

Il est constitué en principe par un transformateur bipolaire à champ tournant. Le bobinage primaire, monté sur le noyau fixe C, est parcouru par le courant principal du générateur.

Le bobinage secondaire est porté, comme le montre la figure par un noyau spécial B qu'on peut faire tourner autour du centre O. Les circuits secondaires sont, comme il est dit précédemment, intercalés entre les bornes de l'alternateur et celles du régulateur.

Il est bon de noter que dans le cas d'un générateur triphasé, on peut, par de simples combinaisons des connexions des trois phases du transformateur de compoundage inversé N, obtenir six déphasages différents, ce qui pourra être satisfaisant en pratique.

***

F. Variantes. — A titre d'exemples, nous indiquerons ci après un certain nombre de variantes.

1. *Régulateur proprement dit*. — *a*. La disposition des figures 7 et 8 est évidemment applicable au cas du courant continu aux lieu et place du solénoïde S.

L'inducteur oscillant J J′ porterait lui-même deux bobinages comme le solénoïde S.

b. — Une autre disposition également applicable au cas des courants continus consisterait à alimenter directement l'induit I I′ comme l'inducteur J J′. La cordelette *c c′* devient alors inutile et il suffit de fixer I I′ dans une position convenable.

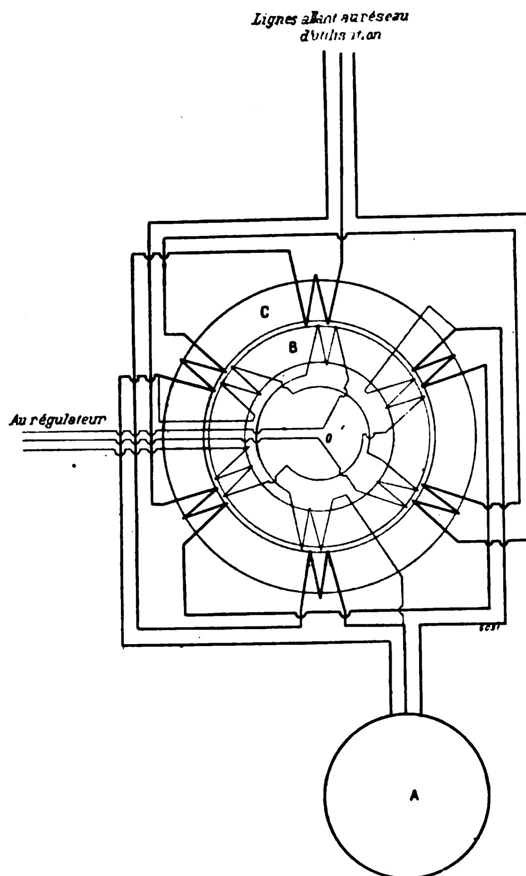


Fig. 15. — Transformateur de phase du régulateur à champ tournant J.-L. Routin.

c. — Dans le cas des courants polyphasés, on pourrait encore munir le régulateur de deux inducteurs dont l'un serait alimenté par une dérivation prise aux bornes du générateur et l'autre par les secondaires des transformateurs de compoundage inversé ou encore directement par le courant principal de L_1, L_2 L_3 ; les champs seraient disposés de façon à tourner dans le même sens, tout en opposant leurs actions individuelles.

d. — On pourrait enfin faire réagir les variations du courant principal par interposition de dispositifs mécaniques commandant un rhéostat à résistance variable intercalé sur le parcours du circuit dérivé alimentant le régulateur. Mais il est facile de voir que cette solution est imparfaite.

2. *Dispositifs de stoppage*. — Pour obtenir l'arrêt du mécanisme dans la position convenable c'est-à-dire lorsque, après une variation de débit du générateur, la manœuvre subite et simultanée du rhéostat et du vannage aura effectué les corrections nécessaires dans l'excitation du générateur et dans l'alimentation du moteur, on peut employer deux moyens différents.

a. — Commander par le mouvement du vannage un dispositif modifiant mécaniquement le couple antagoniste.

b. — Commander par le mouvement du vannage un dispositif modifiant électriquement le couple électromagnétique.

D'où deux solutions que nous examinerons successivement :

Première solution. — A chaque valeur du courant correspond une valeur de la puissance nécessaire et une valeur particulière du couple électromagnétique développé au régulateur ; à vide ce couple est maximum et il décroît avec la charge. Il suffira donc pour obtenir l'arrêt au moment voulu que le déplacement du vannage dans le sens de l'ouverture entraîne une diminution convenable du couple antagoniste du régulateur. Ce résultat peut s'obtenir, soit par l'emploi d'un ressort et d'une came appropriée, soit par tout autre combinaison équivalente ; la figure 16 représente schématiquement l'une de ces dispositions.

L est le levier du régulateur; P, un contrepoids; R, un ressort agissant dans le même sens; S, un levier intermédiaire tournant autour d'un point fixe p_1 et portant un galet g constamment appuyé sur la came K par le ressort de rappel T fixé en p_2. La came K est fixée sur la bielle b, en relation avec le mouvement du vannage.

La figure 17 représente un dispositif équivalent dans lequel on a utilisé le principe d'Archimède. Comme précédemment, L et P désignent le levier du régulateur et le contrepoids; C est une cuve annulaire contenant du mercure; F, un flotteur également annulaire fixé à la tige de support du poids P. K, une coulisse entraînée par le vannage disposée de façon à élever ou à abaisser la cuve C.

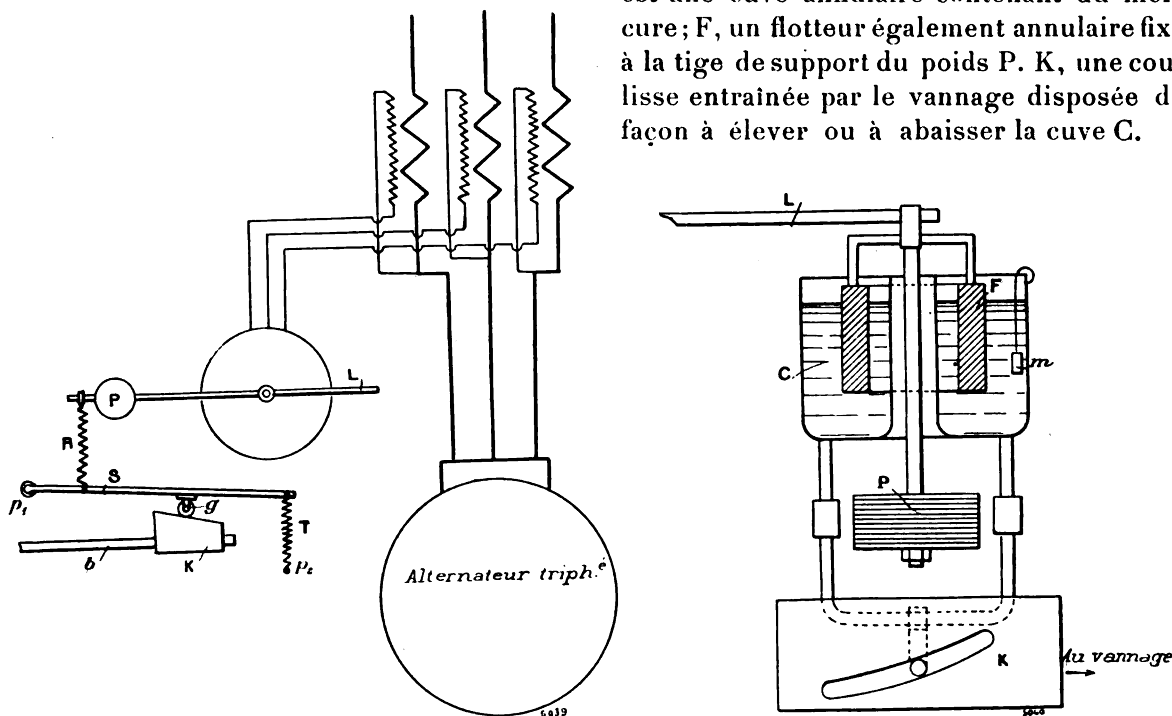


Fig. 16 et 17. — Dispositifs de stoppage du régulateur électromécanique J.-L. Routin.

Cette dernière disposition présente cet avantage qu'une erreur de tracé dans l'exécution de la coulisse peut être facilement corrigée par l'introduction de petits volumes compensateurs, tels que m, dans la cuve C.

Deuxième solution. — Nous supposons dans ce cas que le couple antagoniste développé par le contrepoids P reste constant. Toute augmentation du courant débité par le générateur entraîne une diminution du couple électromagnétique.

Pour le ramener à sa valeur normale et rappeler le régulateur à l'équilibre, on peut faire, ainsi que nous l'avons indiqué dans les figures 1 et 2, commander par le mouvement du vannage un rhéostat U intercalé sur le circuit qui alimente le régulateur; le déplacement du vannage dans le sens de l'ouverture devra tendre à relever le voltage aux bornes du régulateur et par conséquent diminuer la valeur des résistances intercalées.

On pourrait encore, évidemment, obtenir le même effet en remplaçant les résistances par des selfs-inductions variables.

On pourrait enfin employer le dispositif figuré en 18 qui consisterait à faire agir le mouvement du vannage V sur les résistances S introduites dans les circuits du rotor équilibré t; le déplacement de la vanne dans le sens de l'ouverture doit alors diminuer les résistances S de façon à compenser la chute de voltage aux bornes du régulateur.

Remarque. — Pour certains cas particuliers, les deux solutions ci-dessus envisagées pourront être combinées ensemble.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les avantages pratiques que présente le système imaginé par M. J.-L. Routin apparaissent d'une manière très nette si l'on prend soin d'examiner de près le mécanisme de propagation et de transformation des perturbations qui peuvent affecter la marche d'un groupe électrogène.

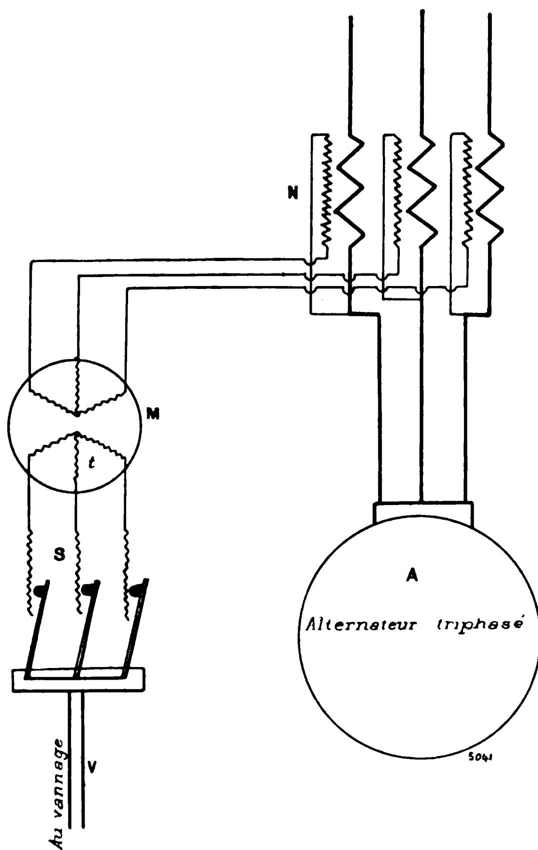


Fig. 18. — Dispositif de stoppage du régulateur életromécanique J.-L. Routin (variante).

Lorsqu'on fait varier le nombre d'ampères débités par un générateur, tout en laissant l'excitation et l'admission constantes, la variation de tension aux bornes qu'on observe tient à deux causes distinctes qui sont :

I. — La réaction d'induit du générateur électrique qui se manifeste instantanément.

II. — La variation de vitesse du moteur due à la variation de charge du générateur; ce second effet n'est pas instantané mais bien d'autant plus long à se manifester que le moment d'inertie des pièces en mouvement est plus grand.

Nous sommes donc amenés à distinguer dans le cas le plus général deux sortes de perturbations possibles dans le fonctionnement d'un groupe électrogène, *a*), les perturbations électriques, *b*), les perturbations mécaniques.

Il existe entre ces deux groupes des différences tout à fait caractéristiques.

Les perturbations électriques peuvent être compensées intantanément, car la « constante de temps » des circuits inducteurs peut toujours être rendue assez petite pour être négligeable. Il n'y a donc dans ce cas aucun retard entre la cause régulatrice et l'effet.

Les perturbations mécaniques, au contraire, ne sont jamais compensées instantanément. L'inertie des pièces en mouvement s'oppose, en effet, à toute variation brusque de vitesse. D'où retard entre la cause régulatrice et l'effet.

Les perturbations électriques peuvent se manifester subitement par suite de la réaction d'induit sans aucune perturbation mécanique. Par contre, toute perturbation mécanique se complique immédiatement d'une perturbation électrique.

Ces considérations nous amènent à conclure que dans l'étude du problème de la régularisation automatique des groupes électrogènes, on doit envisager avec beaucoup de soin la succession des phénomènes qui résultent d'une variation du débit du générateur. On devra, de plus, chercher à éviter autant que possible toutes perturbations mécaniques.

Pour pouvoir pousser plus loin notre analyse, nous sommes obligés de particulariser;

nous examinerons successivement deux cas particulièrement intéressants : alternateur à forte réaction d'induit et alternateur à réaction négligeable.

Supposons tout d'abord que nous ayons à régulariser un groupe comportant un générateur à courant alternatif à forte réaction d'induit.

Lorsqu'on branchera sur le réseau de nouveaux récepteurs (lampes ou moteurs) il se produira tout d'abord une augmentation de courant et, simultanément, une chute de tension.

La puissance fournie ne croîtra pas forcément, puisqu'elle est le produit de deux facteurs qui varient en sens inverse. Il pourra arriver qu'elle ne varie que d'une quantité négligeable.

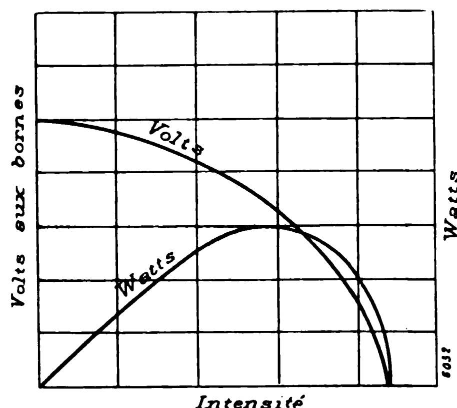


Fig. 19. — Caractéristique à excitation constante et courbe de puissance d'un alternateur de forte réaction.

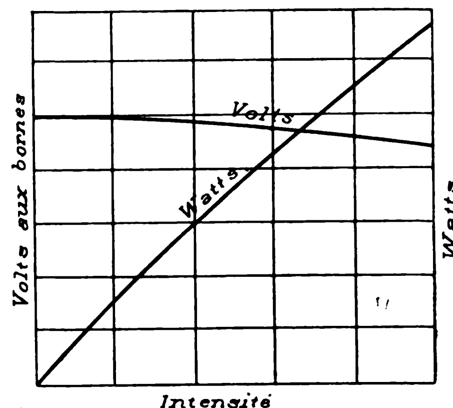


Fig. 20. — Caractéristique à excitation constante et courbe de puissance d'un alternateur à faible réaction.

Il est facile de se rendre compte de ce fait en jetant les yeux sur la figure 19 qui représente la caractéristique en charge, à excitation constante, d'un alternateur à forte réaction d'induit, ainsi que la courbe des puissances en fonction du débit.

On voit donc que, dans ce cas particulier, tout se bornera à une perturbation électrique car la puissance demandée restant constante, le moteur continuera à tourner avec la même vitesse, quelle que soit d'ailleurs la masse du volant.

Il est intéressant de remarquer que cette perturbation électrique tendrait à se compliquer d'une perturbation mécanique si l'on manœuvrait le rhéostat sans toucher en même temps au vannage ; c'est cependant la manœuvre imposée aux surveillants des stations centrales chargés du service du tableau.

Dans le cas particulier qui nous occupe, l'intervention du surveillant aurait donc pour résultat direct d'amener une variation de la vitesse du groupe ; cette variation sera d'autant plus lente à se produire que les masses en mouvement seront plus importantes, mais elle sera elle-même suivie d'une nouvelle variation de voltage.

Passons maintenant au cas limite d'un générateur à réaction négligeable, c'est-à-dire fournissant une tension constante et indépendante de son débit.

Lorsqu'on branchera sur le réseau de nouveaux récepteurs (lampes ou moteurs), il se produira comme précédemment une augmentation du courant, mais la tension restera constante. La puissance fournie croîtra alors forcément, et par suite, la vitesse du moteur se ralentira. Comme précédemment cette diminution de vitesse engendrera elle-même une perturbation électrique.

La figure 20 représente dans ce cas la caractéristique en charge et la courbe des puissances.

On voit donc que l'ordre de succession des perturbations peut être renversé suivant l'importance de la réaction d'induit du générateur.

Avec un générateur à forte réaction d'induit, la perturbation électrique apparaît la première; c'est là une condition éminemment favorable qui permet d'éviter la complication de la perturbation mécanique.

Pour obtenir le même résultat avec un générateur à réaction négligeable, on se trouve dans l'obligation d'employer le transformateur de compoundage inversé pour faire tomber le voltage aux bornes du régulateur dès que le débit augmente et sans attendre la diminution de vitesse qui tend aussitôt à se produire.

Importance du compoundage inversé dans le régulateur automatique. — Le dispositif imaginé par l'inventeur permet donc d'assurer dans tous les cas le réglage à vitesse constante et voire même, ainsi que nous l'avons annoncé, à vitesse croissante avec la charge; on conçoit en effet facilement qu'il suffit, pour obtenir ce résultat à un degré déterminé, de régler en conséquence les résistances des rhéostats de stoppage.

Nous rappelons pour mémoire que la théorie aussi bien que la pratique établissent l'impossibilité d'obtenir ce résultat avec les régulateurs centrifuges.

Les fonctions multiples de l'appareil automatique peuvent se résumer comme suit :

L'augmentation lu courant, la diminution de voltage ou la diminution de la vitesse doivent commander la fermeture de l'admission et la diminution de l'excitation.

Par contre, la diminution de courant, l'augmentation de voltage ou l'augmentation de la vitesse doivent commander la fermeture de l'admission et la diminution de l'excitation.

Cette énumération indique clairement que la solution devait être demandée à un système différentiel opposant l'effet produit par le courant aux effets du voltage et de la vitesse.

Cette méthode toute nouvelle a permis à l'inventeur d'obtenir une stabilité incomparablement supérieure à celle des anciens régulateurs. En effet, dans ces appareils la stabilité est achetée au prix d'une tolérance dans la variation de la vitesse, ce qui revient à un sacrifice obligatoire sur l'efficacité même de l'appareil (qui admet en général des variations de 5 à 10 p. 100).

Dans le système J.-L. Routin, au contraire, la stabilité ne dépend que de l'effet, ajustable à volonté, du compoundage inversé; elle peut donc être rendue beaucoup plus grande que dans les anciens régulateurs sans qu'il soit nécessaire d'admettre une tolérance quelconque dans les variations de la vitesse ou du voltage aux bornes.

Avantages spéciaux résultant du compoundage électro-mécanique des groupes électrogènes. — Il nous reste à faire une remarque très importante. D'après ce que nous avons dit plus haut, la régularité de fonctionnement d'un groupe électrogène gouverné par un régulateur Routin pourvu d'un servo-moteur à action rapide, est indépendante de l'importance de la réaction d'induit.

C'est là un avantage des plus appréciables, puisqu'il permet d'employer des machines à forte réaction en réalisant à la fois une économie sur le prix d'acquisition et une majoration sensible dans le rendement du générateur.

Le réglage mécanique paraît même devoir être d'autant mieux assuré que la réaction d'induit sera plus forte. Ce résultat, paradoxal en apparence, s'explique très facilement si l'on considère que l'adjonction du régulateur Routin équivaut à un compoundage électro-mécanique et que, d'autre part, pour une sensibilité déterminée du régulateur, les varia-

tions de charges produisant la mise en jeu du mécanisme seront d'autant plus petites que la réaction d'induit sera plus grande.

Un raisonnement en tous points semblable établit qu'un groupe excité par une machine montée sur le même arbre que le générateur provoquera un réglage plus énergique, toutes choses égales d'ailleurs, qu'un groupe excité par une machine indépendante.

On pourrait évidemment employer au lieu du compoundage inversé des dispositifs mécaniques différentiels soumis d'une part aux variations du courant et d'autre part aux variations de la tension; toutefois, le compoundage inversé paraît préférable pour les installations mixtes desservant à la fois des moteurs et des lampes, car son action est dans une très large mesure indépendante du facteur de puissance du réseau.

CONCLUSIONS

Le système de régulateur électro-mécanique de M. J. L. Routin est caractérisé :

1. — Par l'asservissement à un seul organe de commande du réglage mécanique et du réglage électrique ;

2. — Par le dispositif spécial de commande automatique qui maintient un équilibre constant entre le couple moteur et le couple résistant.

Ces deux principes nouveaux nous paraissent des plus féconds et permettront certainement de réaliser un progrès très sérieux dans l'exploitation des stations centrales et la conduite des groupes électrogènes.

Nous croyons, avec l'inventeur, que l'application du premier principe (alors même qu'il serait employé seul) suffirait pour permettre une simplification considérable dans l'installation des tableaux qu'il se propose de fractionner en autant de groupes qu'il y aura d'unités à desservir; chaque tableau élémentaire, transporté auprès du moteur correspondant, pouvant être réduit aux appareils indispensables, savoir : un voltmètre, un tachymètre, un indicateur mécanique de la puissance fournie par le moteur et le rhéostat asservi (voir fig. 9, à 13).

Les interrupteurs seraient rejetés dans les sous-sols ou les caniveaux, tout près des bornes du générateur, et les lampes de phase placées à proximité du levier de manœuvre.

Les appareils de commande automatique (dont l'emploi paraît devoir être plus particulièrement réservé aux installations importantes) n'ayant avec les groupes à gouverner aucune relation mécanique, peuvent être placés à volonté en un point quelconque de l'usine; il suffit d'une simple manœuvre de commutateur pour relier l'un quelconque des régulateurs de la station à l'un quelconque des groupes.

C'est là un avantage considérable qui permet de prévoir le développement prochain des solutions qui ont été indiquées en réponse aux questions XII et XIII posées par la première commission de la Société Internationale des Électriciens (1).

C. F. GUILBERT.

(1) Voir notre rapport, *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, mai 1902.

APPAREILS DE MESURES

Etalon au cadmium. — M. H. Tinsley [1] a étudié une forme de pile étalon susceptible de donner un faible courant. Cette pile, que l'on voit sur la figure 1, a environ 75 mm de hauteur ; elle est enfermée dans un vase en verre et contient d'abord une couche d'amalgame de cadmium au-dessus de laquelle se trouve une couche de cristaux de sulfate de cadmium, puis, ensuite, la pâte de sulfate de mercure mélangée de cristaux de sulfate de cadmium. Dans cette pâte est placée une électrode formée par une feuille de platine amalgamé. Une couche de laine de verre, un bouchon et enfin de la glue marine obturent complètement le vase. Toutes les connexions sont obtenues à l'aide de fils de platine ; il n'y a pas d'autres métaux que le platine et le mercure dans la pile, c'est à cette cause que M. Tinsley attribue la régularité des résultats obtenus, dont quelques-uns sont indiqués ci-dessous.

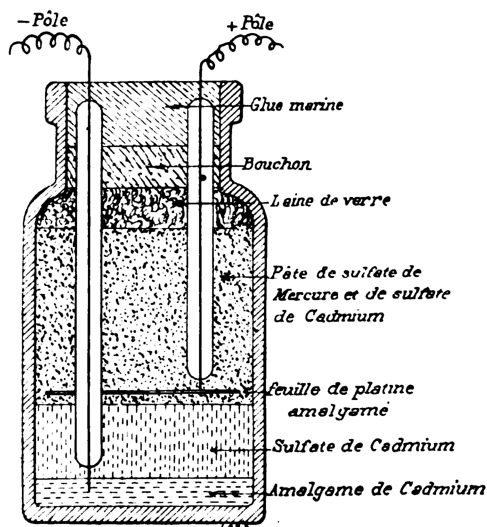


Fig. 1. — Pile étalon au cadmium de H. Tinsley.

N° 31.	1,0191 volt.
32	1,0192 »
33.	1,0191 »
34.	1,0192 »
35.	1,0190 »
37.	1,0191 »

Ces éléments ont été construits à des époques différentes et avec des produits de provenances diverses. Il faut reconnaître que ces résultats ne sont pas surprenants, la pile au cadmium étant, à l'heure actuelle, celle qui donne les résultats les plus concordants.

L'étude de la polarisation de la pile a été faite à l'aide d'un enregistreur Callendar, fonctionnant comme potentiomètre automatique. La pile était fermée sur une résistance de 520 ohms et une différence de potentiel de 50 millivolts était prise sur cette résistance et opposée à la différence de potentiel prise sur le fil du potentiomètre. Dans ces conditions, les 50 millivolts mesurés représentent, à un facteur près, la force électromotrice de la pile, de sorte qu'il est possible de constater sur la courbe des variations correspondantes à $\frac{1}{500}$ de volt environ.

La figure 2 est une des nombreuses courbes relevées. Elle montre qu'il y a, au début, un abaissement brusque de 7 p. 100 environ, puis que le courant reste ensuite plus stable pendant quatre heures environ, pour tomber ensuite rapidement. Cette dernière chute brusque doit être attribuée à un dépôt d'hydrogène sur l'électrode de platine, car on constate une variation entre 2 et 3 heures, due à ce que quelqu'un est entré dans la salle à ce moment et, probablement, a imprimé de légers chocs à l'élément, provoquant ainsi le dégagement de l'hydrogène. Il faut remarquer que l'essai a été particulièrement dur, l'intensité étant voisine de 0,0018 ampère, au début.

Comme résultat intéressant, M. Tinsley note, qu'après cet essai, il a toujours constaté un

(1) *The Electrician*. Londres, p. 991, t. XLVII, 18 octobre 1901.

relèvement très rapide de la force électromotrice de la pile. La valeur, à 20 millivolts près, se retrouve très rapidement, puis, pour cette dernière fraction, il faut environ 4 heures et, enfin, 6 heures après la rupture du circuit, la différence n'est jamais supérieure à quelques centièmes de millivolts.

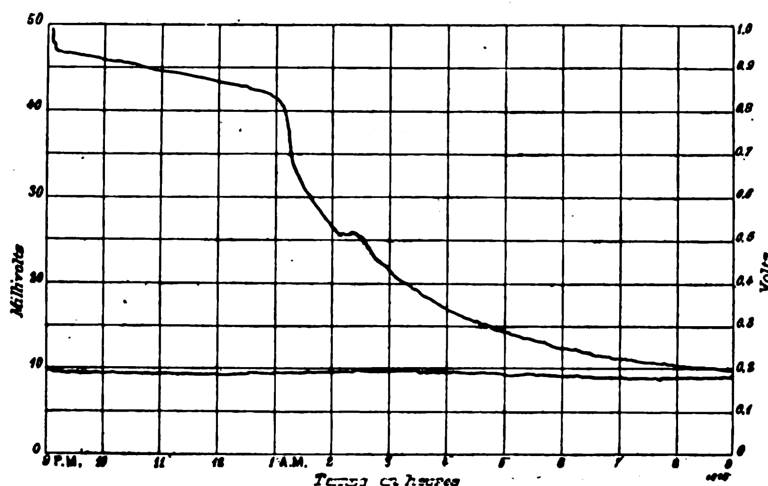


Fig. 2. — Courbe des variations de la force électromotrice d'un étalon au cadmium avec le temps.

WATTMÈTRE THERMIQUE. — L'idée de faire un wattmètre thermique est évidemment très paradoxale et avant que la pratique ait fait connaître jusqu'à quel point cette idée est intéressante, il est utile de savoir qu'elle est réalisable. Le dispositif breveté par M. RICHARD BAUCH, de Potsdam, (1) utilise deux fils *a* et *b*, reliés à une résistance commune *c*,

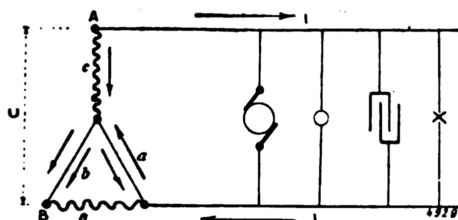


Fig. 3. — Schéma du wattmètre thermique Richard Bauch.

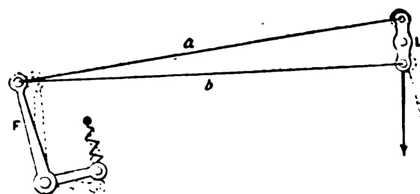


Fig. 4. — Mode de fixation des deux fils du wattmètre thermique R. Bauch.

(fig. 3), et aux deux extrémités d'une faible résistance sans self-induction *s*. La *différence* de dilatation de ces deux fils mesure alors la puissance absorbée dans le circuit, comme l'a démontré le Dr Corazzol, dans *Elettricista*.

Les deux fils ayant chacun une résistance *r* sont traversés par un courant dû à la différence de potentiel U ; on peut écrire, pour chaque fil :

$$i_u = hU,$$

h étant une constante. Dès qu'un courant I est envoyé dans le circuit, une dérivation proportionnelle à *s* et à I, que l'on peut écrire :

$$i_i = kI,$$

(1) *Industrie Electrique*, p. 391, 10 septembre 1901.

traverse les deux fils. En a le courant est opposé à i_v, en b il est de même sens, de sorte que les fils sont traversés par des courants :

$$i_v \pm i_i = hU \pm kI.$$

L'échauffement des fils étant proportionnel à la puissance qu'ils absorbent, on a, en tenant compte du décalage de I sur U :

$$p_a = r\,(h^2U^2 + k^2I^2 - 2hkUI \cos \varphi),$$
$$p_b = r\,(h^2U^2 + k^2I^2 + 2hkUI \cos \varphi).$$

Comme l'appareil mesure la *différence* des allongements des fils, c'est-à-dire une quantité qui est fonction de $p_b - p_a$, on trouve :

$$p_b - p_a = 4rhkUI \cos \varphi,$$

qui est bien proportionnel à la puissance absorbée dans le circuit.

Pour réaliser cet appareil, l'inventeur réunit les deux fils a et b à un point commun pris sur un levier F, (fig. 4), et un ressort, agissant à l'extrémité opposée de ce levier, maintient les fils toujours tendus. Les autres bouts des deux fils sont attachés au levier L, qui pivote autour de son centre ; il est facile de voir que ce levier subit une déviation angulaire proportionnelle à la différence des allongements des fils a et b.

Il reste maintenant à attendre les résultats pratiques de ce système, qui, jusqu'à présent, ne paraît pas avoir été réalisé.

Appareils de Lord Kelvin. — Il n'est pas rare de trouver, dans les périodiques anglais, des descriptions, plus ou moins détaillées, des différents appareils de mesures imaginés par lord Kelvin. Cette fois, c'est le Congrès international d'ingénieurs qui a fourni au professeur Magnus Maclean [1] l'occasion de rappeler ces instruments. Nous n'entrerons pas ici dans le détail, les appareils ayant été déjà fréquemment décrits, mais il est intéressant de noter que, depuis le commencement des applications pratiques de l'électricité, c'est-à-dire depuis moins de 30 ans, lord Kelvin a pris 27 brevets relatifs aux appareils de mesures et 17 brevets relatifs à la télégraphie.

Indicateur et enregistreur « type Colonne ». — Les indicateurs et enregistreurs auxquels MM. Blackwell et Cie ont donné ce nom [2] sont la réalisation du brevet de M. Montgomery Waddill [3]. Comme on s'en souvient, ils reposent sur le principe suivant : utiliser l'action d'un galvanomètre pour régler l'écoulement de l'air comprimé dans un réservoir, de telle sorte que la pression, dans ce réservoir, soit toujours proportionnée à l'action galvanométrique ; un simple manomètre, *à colonne*, sert alors à indiquer l'intensité du courant électrique mesuré.

On voit sur la figure 5 comment est réalisé l'appareil. L'air comprimé, sous une pression d'environ 0,123 kg par centimètre carré, arrive par le tube A dans une chambre B ; pour passer de là dans le tube E et dans le réservoir du manomètre, il doit traverser, en C, des disques de papier à filtrer qui règlent son arrivée et, en même temps, le débarrassent des poussières qu'il aurait pu entraîner. L'air comprimé s'échappe constamment par une ouverture F du tube E. Une petite soupape repose sur l'ouverture F et règle la fuite de l'air ; cette soupape est portée par un levier I, lequel est équilibré par un contrepoids K. Au-dessus

[1] *The Electrical Review*, t. XLIX, p. 385, 6 septembre 1901.

[2] *The Electrical Review*, t. XLIX, p. 288, 16 août 1901.

[3] *L'Éclairage Électrique*, t. XXIX, p. 350, 7 décembre 1901.

de la soupape F, et reposant sur elle, se trouve une petite bobine J qui peut osciller légèrement autour d'une des branches de l'aimant M. Le courant est amené à la bobine par des petits ligaments très souples L, qui forment en même temps les points d'articulation du levier I.

Quand le courant traverse la bobine, l'aimant M le repousse, de sorte que la soupape vient appuyer plus fortement sur l'ouverture F ; il résulte de ceci que la fuite est plus faible et que la pression de l'air s'élève dans le tube E, faisant monter le liquide du réservoir N dans le tube du manomètre ; ce dernier indique alors l'intensité du courant fourni à la bobine. L'indication du manomètre est, dans de larges limites, indépendante de la pression de l'air à l'arrivée en A ; en effet, cette indication est réglée uniquement par la pression exercée par la soupape sur son siège et comme l'air n'arrive en E qu'après avoir traversé les diaphragmes C, il éprouve dans ce passage une résistance assez grande pour limiter son afflux ; le système agit comme une soupape de sûreté dont on peut faire varier la charge.

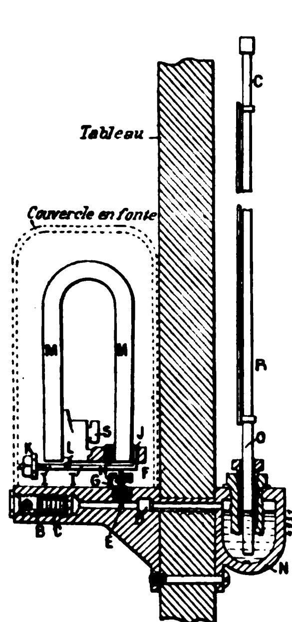


Fig. 5. — Indicateur de courant du type colonne.

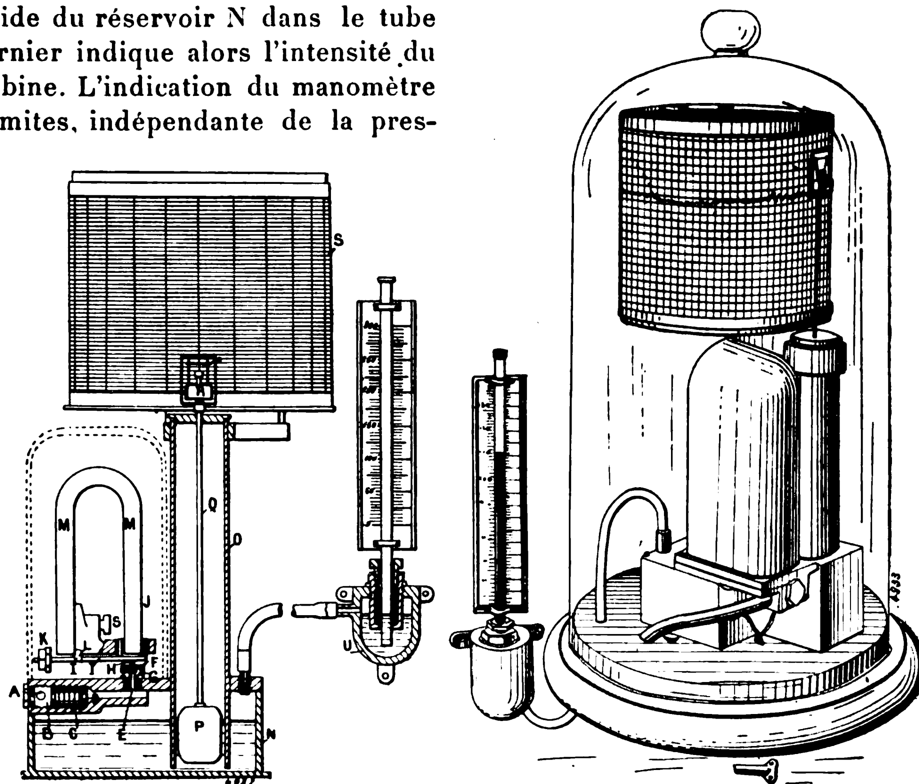


Fig. 6 et 7. — Coupe et ensemble d'enregistreur du type colonne.

Le réglage de l'appareil se fait en déplaçant les contrepoids K jusqu'à ce que, le courant étant nul en J, la pression exercée par la soupape soit telle que le manomètre arrive au zéro de l'échelle.

Le mouvement de la bobine J est excessivement petit ; cette bobine agit simplement par la pression qu'elle exerce sur la soupape et son fonctionnement est analogue à celui des bobines mobiles des balances de lord Kelvin. La sensibilité peut être réglée en shuntant l'aimant au moyen d'une vis en fer à large section S ; cette sensibilité est très grande puisqu'on peut obtenir toute l'échelle pour 20 à 25 millivolts.

Dans l'indicateur proprement dit, le mécanisme est placé derrière le tableau, (fig. 5),

il n'y a en avant que le réservoir N et le tube O du manomètre. Cet appareil occupe sur le tableau une largeur de 7 cm environ et plusieurs appareils peuvent être placés à 7,5 cm de distance l'un de l'autre, centre à centre ; la hauteur occupée sur la face du tableau est de 68,5 cm, elle n'est que de 27,3 cm en arrière. Le liquide employé dans le manomètre est une huile minérale colorée en rouge ou en jaune ; la colonne liquide est visible de très loin, sans éclairage spécial.

Pour l'enregistreur, il faut donner au réservoir de liquide une surface beaucoup plus grande, la colonne dans laquelle se meut le flotteur P étant beaucoup plus large, (fig. 6). L'extrémité de la tige du flotteur porte la plume de l'enregistreur. On peut ajouter un manomètre sur le réservoir et obtenir ainsi une indication directe, indépendamment de celle donnée par l'enregistreur. Les figures 6 et 7 montrent la coupe et l'ensemble de l'appareil. Le tambour de l'enregistreur fait environ 25 mm par heure et la course de la plume est de 150 mm.

L'air comprimé nécessaire pour actionner ces appareils est fourni soit par une petite pompe à simple effet, actionnée par un moteur de 1/20 de cheval, soit par une trompe à eau de 91 cm de chute. Avec la première disposition, on peut actionner 50 indicateurs ou 12 enregistreurs et, avec la seconde, il faut environ 45 litres d'eau à l'heure par instrument actionné.

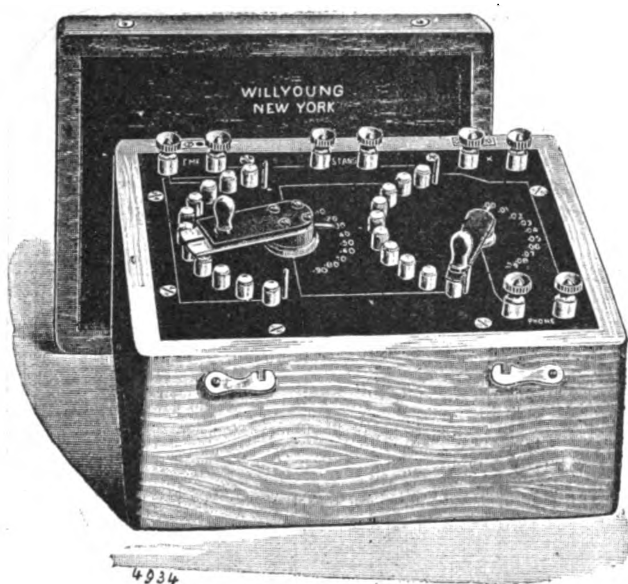


Fig. 8. — Faradmètre Willyoung.

Faradmètre de Willyoung. — Sous ce nom, *Electrical World* [1] de New-York, présente une boîte de résistance destinée à la mesure rapide des capacités. Cette boîte, (fig. 8), renferme une disposition semblable à celle du pont de Varley, mais dans laquelle une série est composée de 11 bobines et l'autre de 10 bobines ; ainsi la résistance totale peut être divisée en deux parties, variant centième par centième. Les deux parties de la résistance forment les bras de proportions variables d'une sorte de pont de Wheatstone dont les deux autres côtés sont formés par la capacité étudiée et par un condensateur étalon. Le courant est fourni au pont par une petite bobine d'induction de 1,5 à 3 mm d'étincelles, renfermée dans la boîte. L'appareil d'observation est un téléphone intercalé dans une diagonale du pont, entre les deux résistances d'une part et entre les capacités d'autre part.

Un système semblable permet évidemment de faire les mesures de capacité très vite, mais il faut remarquer aussi que la quantité mesurée n'est pas très définie et que selon les qualités spéciales des condensateurs comparés : polarisation, charge résiduelle, on peut obtenir des résultats très différents de ceux que donnent les méthodes usuelles ; tout au plus peut-on admettre que des condensateurs ou des câbles de même fabrication donneront des résultats comparables entre eux.

H. Armagnat.

[1] *Electrical World*, t. XXXVIII, p. 440, 14 septembre 1901.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Sur la capacité théorique des plaques d'accumulateurs, par **A. L. Marsh.** *Electrical World*, t. XXIX, p. 996, 7 juin 1902.

Suivant la théorie généralement adoptée, dans la décharge d'un accumulateur au plomb, le peroxyde de plomb de la plaque positive se transforme en sulfate de plomb. Le poids moléculaire du peroxyde de plomb étant $206,9 + 32 = 238,9$, et son équivalent électrochimique la moitié de ce nombre, soit 119,45, le poids de PbO^2 nécessaire pour obtenir 1 coulomb est $0,000010384 \times 119,45 = 0,001240$ gr; pour un ampère-heure il faut $0,001240 \times 3600 = 4,4653$ gr, de sorte que théoriquement 1 kg de peroxyde de plomb peut donner 224,38 ampères-heure. En appliquant un calcul analogue à la plaque négative, où le plomb passe de l'état métallique à l'état de sulfate, on trouve que 1 kg de plomb peut donner 258,53 ampères-heure.

En pratique on n'atteint pas ces chiffres : même avec une décharge très lente un accumulateur léger donne à peine 95 ampères-heure par kilogramme de matière positive formée et il semble que l'extrême limite atteinte jusqu'ici soit de 50 p. 100 au plus de la capacité théorique; il en est de même pour la matière négative. Quoi qu'il en soit, pour la comparaison des divers types d'accumulateurs il est intéressant de connaître la capacité théorique de ces types. L'auteur a calculé cette capacité pour un certain nombre de combinaisons; les chiffres qu'il a trouvés sont indiqués dans le tableau I. Pour avoir le nombre de watts heure théoriquement fournis par la décharge de 1 kilogramme de matière, il faut encore connaître la chute de potentiel; le tableau II qui donne les forces électromotrices de diverses combinaisons par rapport à l'oxyde d'argent Ag^2O, permet ce calcul.

On voit par le tableau I que le peroxyde de plomb est une des substances dont la capacité spécifique est la plus faible. Le peroxyde de cuivre peut fournir une capacité extrêmement élevée, mais son emploi est probablement impossible car, lorsqu'il est humide il se décompose à la température ordinaire. Le peroxyde de nickel, employé par Edison dans son accumulateur, donne également une capacité élevée si, comme l'admet Edison, il fournit de l'oxyde Ni O (590 ampères-heure par kg) ; mais si, comme le suppose Marsh, la réduction s'arrête au sesquioxyde Ni^2O^3, la capacité n'est plas que 295 ampères-heure, c'est-à-dire peu supérieure à celle du PbO^2 transformé en $PbSO^4$.

TABLEAU I

Capacités théoriques de diverses matières.

MATIÈRES positives.	AMP.-H. par kg.	MATIÈRES négatives.	AMP.-H. par kg.
PbO^2 en $PbSO^4$	224,38	Pb en $PbSO^4$	258,53
NiO^2 en NiO	590,49	Fe en Fe^2O^3	1432,90
NiO^2 en Ni^2O^3	295,23	Fe en FeO	955,30
Ni^2O^3 en NiO	324,25	Fe en Fe^3O^4	1273,70
AgO en Ag	431,40	Cd en CdO	477,70
Ag^2O en Ag	230,60	Zn en ZnO	822,90
CuO^2 en Cu	1119,70	Zn en $ZnCl^2$	822,90
CuO^2 en CuO	559,80	Cu en CuO	841,10
CuO en Cu	671,80	Cu en Cu^2O	420,50
Cu^2O en Cu	373,50		
Cl	754,50		

TABLEAU II

MATIÈRES positives.	FORCES électromot. v.	MATIÈRES négatives.	FORCES électromot. v.
NiO^2	+ 0,40	Zn (amalg.)	1,37
AgO	+ 0,15	Zn (pur)	1,32
Ag^2O	0	Cd	0,95
CuO^2	+ (?)	Fe	0,85
CuO	— 0,40	Cu	0,56
Cu^2O	— 0,47		

La seconde partie du tableau I montre que parmi les substances employées pour la confection des négatives le fer donne la capacité la plus élevée, le zinc vient ensuite; de là l'intérêt des recherches faites avec ces deux métaux pour la construction d'accumulateurs légers.

Procédé Charles Young pour la régulation de la force électromotrice dans un système à trois fils. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 108, 15 février 1902.

Le système Young s'applique au cas d'un

transformateur rotatif, transformant en courant continu l'énergie qu'il reçoit d'un transformateur statique. A cet effet, on dispose une dynamo de réglage dont l'induit est en série avec le conducteur neutre du système; les inducteurs sont disposés de telle sorte que l'action magnétique varie suivant la différence de charge des deux ponts. Ce résultat peut s'obtenir en disposant deux circuits inducteurs en série avec les deux conducteurs positif et négatif du système, de façon que pour l'égalité des

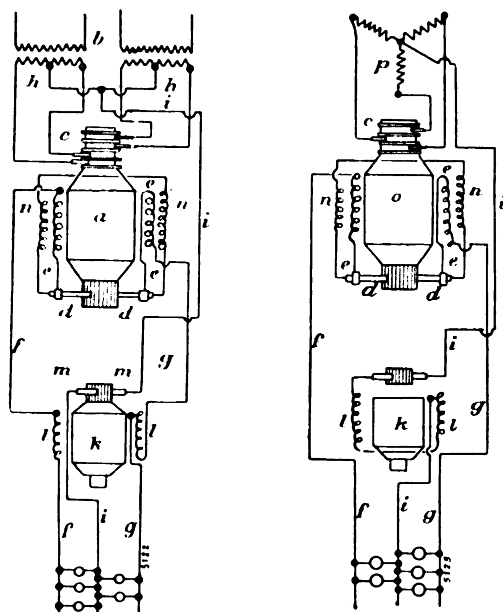


Fig. 1 et 2.

courants dans ces conducteurs les actions magnétiques opposées s'annulent et qu'il n'y ait pas de différence de potentiel aux balais de la dynamo régulatrice. Un autre dispositif consiste à mettre en série, avec le conducteur neutre, l'induit et les inducteurs de la régulatrice.

Premier exemple (fig. 1.). — L'énergie électrique est amenée du transformateur *b* au convertisseur rotatif *a* par les bagues de frottement *c*. Les balais *d* du côté continu sont reliés par les enroulements inducteurs *e* en série et par les conducteurs positif et négatif *f* et *g* du système à trois fils, pendant que les points milieux des enroulements secondaires de *b* sont reliés entre eux et au conducteur neutre *i*. Celui-ci traverse l'induit de la régulatrice *k* dont les inducteurs sont disposés de telle sorte que, pour l'égalité d'intensité dans les conducteurs extrêmes *f* et *g*, les actions magnétiques opposées s'annulent, et qu'il n'y ait pas de différence de potentiel aux balais *m*. Mais si l'un des ponts présente une surcharge, le courant augmente de ce côté et avec lui l'action inductrice, ce qui établit entre les balais *m* la différence de potentiel voulue.

Deuxième exemple (fig. 2). — Le convertisseur *o* est analogue au transformateur de la figure précédente, mais il doit être muni d'un dispositif qui permette de le faire marcher à l'aide d'une source de force quelconque. Les enroulements induits sont reliés par les bagues *c* au transformateur *p* supposé, dans le cas actuel, à trois bobines reliées en étoile. Le milieu de l'enroulement de ce transformateur est relié au conducteur neutre *i* du système à trois fils. L'excitation *l* de la régulatrice *k* est en série avec l'induit et ce conducteur neutre.

Quand les charges des deux côtés sont égales, il n'y a pas de différence de potentiel aux balais *m* de la régulatrice qu'aucun courant ne traverse. Mais s'il se produit une surcharge d'un côté, le courant passe à travers la régulatrice, excite les inducteurs *l* et établit entre les balais *m* la force électromotrice de compensation. G. G.

APPLICATIONS MÉCANIQUES

Système James Burke pour le démarrage et la marche des électromoteurs. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 95, 1er février 1902.

Pour éviter les inconvénients de la mise en marche des forts moteurs, soit dans le cas d'un moteur unique, soit dans le cas de nombreux moteurs à interruptions fréquentes, comme ceux des imprimeries ou des tramways électriques, James Burke emploie le dispositif suivant, grâce auquel l'intensité nécessaire à la mise en marche est très faible, quoique le moment de rotation soit relativement grand.

Sur un même arbre *g* (fig. 1 et 2) sont deux induits distincts *a* et *b*, avec inducteurs distincts, l'un en dérivation *c*, l'autre en série *d*. A la mise en marche, les deux induits *a* et *b* et l'enroulement inducteur *d* sont en série, tandis que l'enroulement shunt *c* est en dérivation sur la canalisation; le moment maximum de rotation est développé par l'intensité du courant

fourni par la source. Une résistance en série f permet de régler le courant de façon que le moteur en charge se mette en mouvement avec un très faible nombre de tours.

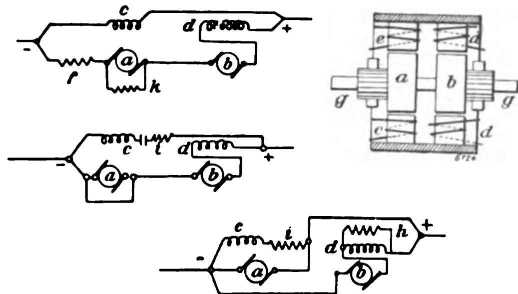


Fig. 1 à 4.

Une résistance réglable k est en même temps en parallèle avec l'induit a; à la mise en marche, elle est parcourue par une faible partie du courant. Dès que l'arbre g est en mouvement, la résistance k est parcourue par un courant engendré par l'induit a agissant comme générateur, ce qui produit une action de frein sur l'arbre g; cette résistance k augmente progressivement par la manœuvre d'un levier de réglage, et par suite la vitesse de l'arbre augmente. Enfin, le circuit de cette résistance k est coupé : la disposition est alors représentée par un schéma dans lequel k et f n'entrent plus en considération.

La résistance en dérivation c est augmentée à son tour (fig. 3), puis coupée et, en même temps, l'induit a est mis en court-circuit, de sorte que la marche est produite uniquement par l'induit b et l'inducteur correspondant d.

On peut également affaiblir le champ en dérivation c par une résistance i (fig. 4) et, par là, atteindre la vitesse la plus élevée avec cette disposition.

Pour l'arrêt, on interrompt le courant dans les deux induits, pendant que la résistance k est insérée sur l'induit a et que l'inducteur en dérivation c reste fermé jusqu'à l'arrêt complet.

G. G.

Indicateur à distance de la direction du vent, Système de l'Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 97, 1er février 1902.

Le système employé d'indicateur à distance à champ tournant est celui du professeur L. Weber. Un indicateur donne, au moyen d'une girouette, la direction du vent sur l'échelle d'un récepteur disposé en un endroit quelconque;

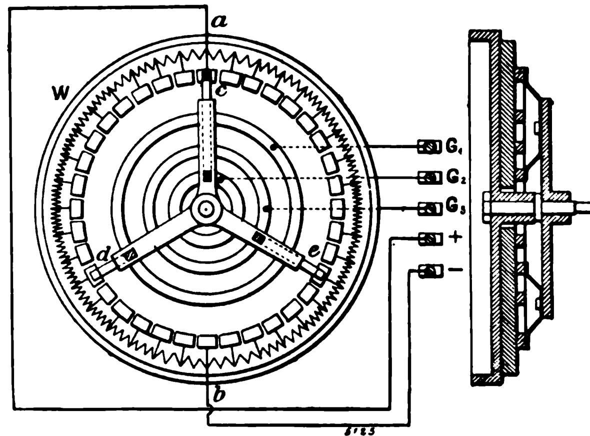


Fig. 1.

il peut y avoir plusieurs récepteurs placés en des lieux différents.

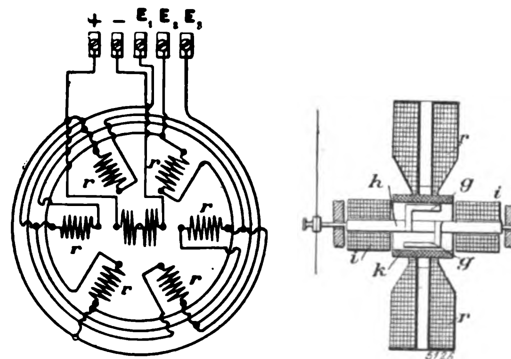


Fig. 2.

L'appareil relié à la girouette (fig. 1) se compose d'un certain nombre de pièces de contact

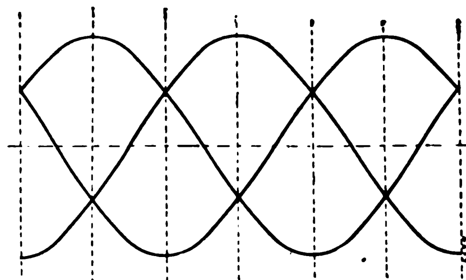


Fig. 3.

disposées suivant une circonférence. Entre ces plots sont insérées des résistances variant sui-

vant une loi déterminée. Le courant arrive en deux points diamétralement opposés *a* et *b*, pendant que trois contacts *c d e*, à 120° l'un de l'autre, envoient le courant par trois fils au récepteur. Celui-ci (fig. 2) se compose de six bobines *r*, disposées suivant les rayons d'un cylindre de cuivre *k* et reliées en étoile. Au centre se meut l'électro-aimant qui porte l'aiguille indicatrice. Cet électro est constitué par deux parties *g* de fer doux en forme de Z, reliées par une pièce intermédiatre *h*, d'une matière non susceptible d'aimantation. L'aimanta-

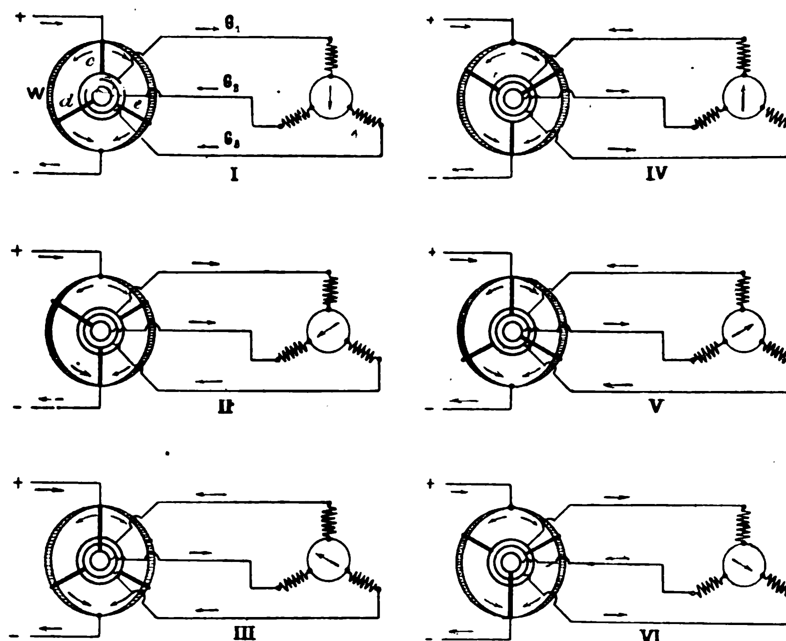


Fig. 4.

tion de la pièce de fer *g* est produite par deux bobines *i*, prises pour éviter les bagues et les

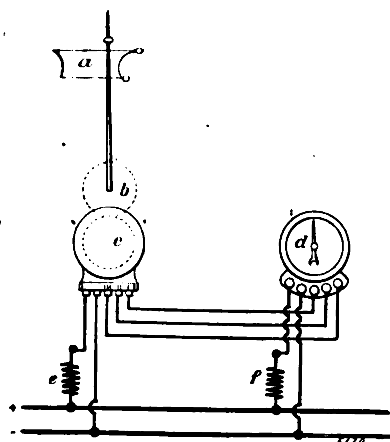


Fig. 5.

balais de contact. Le cylindre de cuivre *k* sert à amortir le mouvement de l'induit de fer en forme de Z.

Si l'on déplace les trois contacts *c*, *d*, *e*, on change les intensités du courant dans chacun des trois systèmes constitués par les trois conducteurs fixés deux à deux, suivant une loi sinusoïdale (fig. 3), grâce à la valeur des résistances insérées entre les plots de l'appareil de commande *w* (fig. 1). Six positions différentes sont représentées dans la figure 4.

Les champs magnétiques excités dans les bobines du récepteur, donnent un champ résultant dont la direction correspond à la position des bras de la commande. Il y a ainsi, pour toute position de la girouette, une position unique correspondante de l'aiguille indicatrice. L'appareil est pratiquement indépendant des variations du réseau sur lequel il est branché, car les rapports entre les intensités des conducteurs ne sont pas altérés.

L'appareil complet se compose d'une girouette *a* (fig. 5), placée sur le toit et dont la tige entraîne, par deux roues dentées *b*, la commande *c*. La grande mobilité du système le rend sensible,

même aux vents de très faible intensité. De la commande partent trois conducteurs qui se terminent sur le récepteur *d*, ce dernier porte une graduation comme la rose des vents d'un compas.

L'appareil de commande et le récepteur sont branchés sur la canalisation à courant continu. Comme ces appareils sont établis pour fonctionner à 25 volts, la différence est absorbée dans des résistances auxiliaires *e* et *f*.

G. G.

TRACTION

Moteurs triphasés pour traction. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 322-323, 29 juin 1902.

L'impossibilité du réglage de la vitesse était un grand inconvénient pour l'emploi des moteurs d'induction pour la traction. Tandis que le moteur série à courant continu peut varier de tours et d'effort, le moteur d'induction a, au glissement près, un nombre de tours constant. Pour diminuer le nombre de tours d'un moteur d'induction, il faut introduire dans le rotor des résistances, mais outre la dépense d'énergie, ce moyen a une action très limitée.

Outre ce mode de réglage, on en emploie encore un autre, qui est la mise en série de moteurs d'induction. Les autres modes de réglage, variation du nombre de pôles, emploi de moteurs successifs, etc., semblent n'avoir pas donné de bons résultats dans l'exploitation.

La mise en série de moteurs d'induction consiste, comme on le sait, à relier le circuit du rotor du premier moteur au stator du deuxième moteur.

Ce mode de couplage dû à C.-P. Steinmetz est désigné sous les noms de « tandem » ou « cascade », ou mieux de « concaténation », désignation due probablement à Steinmetz. Il nous paraît que la désignation de « série » est la meilleure.

Steinmetz a donné la théorie de ce couplage. On peut se rendre compte très simplement du mode d'action, en considérant que l'un des moteurs joue le rôle de transformateur de fréquence vis-à-vis de l'autre. Le courant généré dans le rotor du premier moteur a une fréquence égale au glissement, et ce courant actionne le second moteur.

Si l'on s'imagine les deux moteurs fixés sur un même arbre, ils sont naturellement forcés de prendre la même vitesse. La vitesse du second moteur est égale au glissement *s* du premier moteur à vide, ou comme les deux vitesses sont égales :

$$s = 1 - s$$
$$s = 0,50.$$

Car $1 - s$ est, comme on le sait, l'expression pour la vitesse, quand le glissement est *s*. Cela signifie que les deux moteurs mis en série tendent à prendre la vitesse $s = 0,50$, comme un seul moteur tend à prendre la vitesse $s = 1$ du synchronisme. En charge, la vitesse de l'ensemble des deux moteurs diminue par suite du glissement.

Si l'on a en général *n* moteurs égaux disposés en série, montés sur un même arbre, le rotor du dernier étant mis en court-circuit, la vitesse est le $\frac{1}{n}$ de la vitesse au synchronisme d'un seul moteur.

Si l'on fait abstraction des pertes dans le premier moteur, on voit que le courant, le flux, et l'induction magnétique pour le deuxième moteur ont les mêmes valeurs que pour le premier moteur, et que par conséquent le couple du second moteur est à peu près égal à celui du premier. On peut donc avoir un couple doublé pour une vitesse diminuée de moitié, avec un rendement à peu près le même.

Ganz et C[ie] ont employé ce mode de couplage pour le chemin de fer de la Valteline et ont obtenu les meilleurs résultats, quoique l'on ait émis des doutes sur le résultat économique de la mise en série. La mise en série de deux moteurs permet donc d'obtenir deux vitesses. Au démarrage on met les deux moteurs en série, et dans la marche ordinaire on les couple en parallèle. Mais cette manière de régler est loin de pouvoir entrer en comparaison avec la mise en série parallèle à courant continu.

Ernest Danielson, l'inventeur suédois bien connu, a, dans une communication récente à l'Institut des ingénieurs électriciens américains, fait connaître un nouveau moyen pour le réglage de la vitesse pour les chemins de fer à courants triphasés.

Danielson emploie la mise en série, mais il propose, au lieu d'employer des moteurs identiques, de prendre des moteurs ayant des nombres de pôles différents.

La mise en série permet alors d'atteindre une vitesse qui correspond à la somme des nombres de pôles des deux moteurs. Admettons un moteur à 6 pôles, un autre à 10 pôles et une fréquence de 50, on peut obtenir trois vitesses différentes :

1 500 tours par minute, le moteur à 4 pôles fonctionnant seul ;

1 000 tours par minute, le moteur à 6 pôles fonctionnant seul ;

600 tours par minute, les deux moteurs en série.

Les nombre de tours indiqués sont ceux du fonctionnement à vide ; en charge ils sont un peu réduits par le glissement.

Danielson arrive à un plus grand nombre de combinaisons de vitesses, en employant la mise en série différentielle. Celle-ci consiste à faire l'accouplement entre le premier rotor et le deuxième stator de manière que les couples soient opposés. Pour se rendre compte de ce mode de couplage, supposons qu'un moteur de 50 chevaux à 10 pôles soit mis en série avec un moteur de même puissance à 4 pôles. On relie la source d'électricité au stator du moteur à 10 pôles, de telle sorte que le champ se meuve dans le même sens par rapport au noyau de fer, de sorte que les deux couples sont opposés. Comme les deux moteurs ont même puissance, le couple du moteur à 10 pôles sera 2,5 fois plus grand que celui du moteur à 4 pôles. Le couple résultant est de $2,5 - 1 = 1,5$ et agit dans le sens du couple du moteur à 10 pôles. Quand le système commence à tourner, la fréquence dans le circuit du rotor augmente, tandis que la fréquence dans le stator du moteur à 10 pôles diminue. La vitesse croît donc lentement jusqu'à ce que finalement la fréquence devienne nulle dans le circuit du stator du moteur à 10 pôles, ce qui a lieu pour 1 000 tours. Nous avons alors une vitesse de 1 000 tours à la minute, avec un couple qui est 1,5, si comme précédemment on prend pour unité le couple du moteur à 4 pôles. Comme la puissance est le produit du couple par la vitesse, elle est restée constante et égale à 50 chevaux. De cette manière, on peut avoir, pour la même puissance, les quatre vitesses suivantes :

D, le moteur à 4 pôles fonctionne seul à 1 500 tours à la minute ;

C, mise en série différentiel, fonctionne seul à 1 000 tours à la minute ;

B, le moteur à 10 pôles fonctionne seul à 600 tours à la minute ;

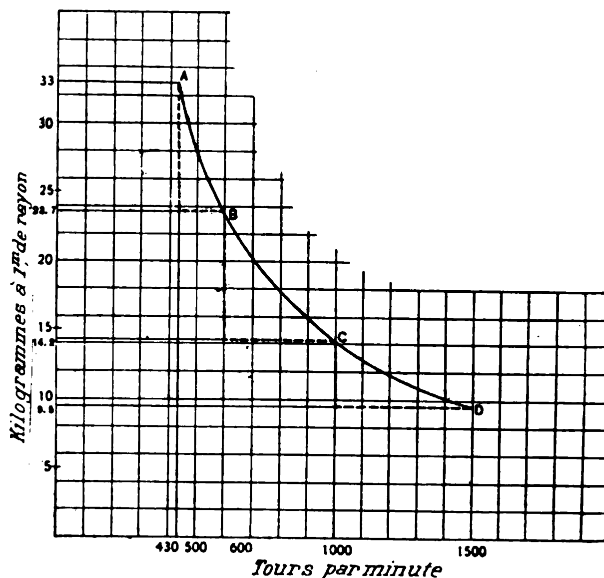


Fig. 1. — Couple d'une combinaison de moteur à 10 pôles et de moteur à 4 pôles (20 chevaux).

A, cascade simple ; B, moteur à 10 pôles seul ; C, cascade différentielle ; D, moteur à 4 pôles seul.

A, mise en série ordinaire, fonctionne seul à 428 tours à la minute.

La figure 1, montre la relation entre le couple et le nombre de tours ; on remarquera

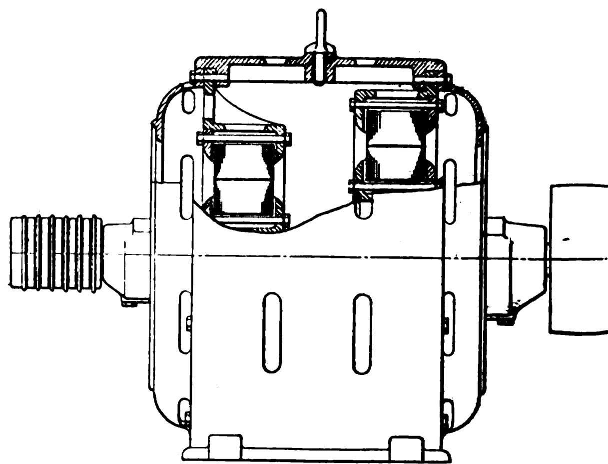


Fig. 2.

l'analogie de la courbe, avec l'hyperbole bien connue pour la traction par moteurs à courant continu.

Les nombres inscrits se rapportent à un moteur de 20 chevaux avec intensité normale du courant. Le couple est exprimé en kg avec un bras de levier de 1 m ; on peut facilement faire la transformation pour une autre unité, par exemple le « synchrone Watt » de Steinmetz.

On peut naturellement obtenir la différence du nombre de pôles, en employant des moteurs identiques attaquant l'arbre par des engrenages à rapports de transmission différents (fig. 2). Si, par exemple, la vitesse de l'un des moteurs est réduite de 0,617, par rapport à l'autre, on peut obtenir quatre vitesses, qui forment les termes d'une série géométrique avec l'exposant 0,617.

Pour la réalisation pratique, Danielson estime que le plus avantageux serait l'emploi de quatre moteurs. Comme il serait difficile d'employer deux moteurs, dont l'un aurait un couple 2,5 fois plus fort que l'autre, il propose d'installer sur une locomotive ou une voiture à deux bogies et quatre essieux-moteurs, trois moteurs mis en parallèle entre eux et en série avec le quatrième. Le quatrième moteur serait construit pour une vitesse et une intensité plus grandes. Pour des voitures à deux essieux, il faut employer le système avec combinaison des trois vitesses, car alors la différence entre les couples est moins grande. F. L.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Séance du 13 février 1902.

Recherches sur les propriétés électriques et magnétiques des alliages de fer, par **W. Barrett, W. Brown et R. Hadfield**. D'après le *Journal of Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 674-729, avril 1902.

Les recherches des auteurs ont porté sur 110 échantillons soigneusement triés, à la suite d'essais de conductibilité, de fusibilité et de malléabilité [1], de façon à ne conserver que ceux de constitution homogène. Les alliages sont constitués par l'union du fer à un, deux ou trois des corps simples suivants : C, Si, Cu, Mn, Ni, Tu, Cr, Al, Co; l'analyse quantitative en a été faite au laboratoire des aciéries de Sheffield.

I. *Conductibilité électrique.* — La conductibilité a été mesurée par la méthode de comparaison des chutes de potentiel sur une longueur déterminée d'échantillon et une longueur correspondante d'une barre de cuivre ou de fer étalonnée. L'homogénéité a été vérifiée en prenant la mesure sur le quart, la moitié et la totalité de la longueur essayée. La section des tubes a été déduite de la mesure du volume, obtenue par déplacement d'eau dans un tube en verre de 1 cm de diamètre et gradué en cm^3 [1].

Les auteurs représentent au moyen de tables et de courbes les variations de la résistivité des divers alliages suivant la composition. Malgré toutes les précautions prises, des traces de Mn et de C ne purent être supprimées dans aucun échantillon; mais les auteurs croient que leurs alliages en renferment moins que ceux de tous les opérateurs qui les ont précédés sur ce sujet. Les tables montrent que pour des fils provenant de la même coulée que les barres, la résistivité est pratiquement la même.

La plus haute résistivité de fils métalliques, utilisables dans le commerce, a été trouvée pour l'alliage fer-nickel (25 p. 100), manganèse (5 p. 100), dont la résistivité est de 97,5 microhm-cm et le coefficient de température 0,00085. Les alliages connus sous les noms de Rhéostène et de Résista ont une composition analogue (15 p. 100 de Ni, 5 p. 100 de Mn).

[1] Après avoir été coulés en lingots, les alliages ont été forgés en barres et étirés à 900° C. en barres cylindriques de 0,5 cm environ de diamètre ; des essais de conductibilité et de perméabilité furent effectués sur des longueurs de 106 cm de ces barres, non recuites. Puis, les barres furent retournées à leur lieu d'origine (aciéries Hecla, à Sheffield) où elles subirent un recuit de 100 heures, après avoir été chauffées à 1 000° C. Les essais électriques et magnétiques furent repris alors, et les auteurs se proposent de les renouveler sur les échantillons trempés.

[1] Cette méthode a été trouvée plus exacte que celle qui consistait à prendre les diamètres à six endroits, au moyen d'une vis micrométrique, et à en déduire la moyenne, parce que les barres n'étaient pas parfaitement cylindriques.

Les auteurs poursuivent des expériences sur la conductibilité calorifique de ces alliages et peuvent dire dès à présent, que les deux conductibilités varient toujours dans le même sens pour les 40 alliages essayés [1].

II. — Propriétés magnétiques. — Les échantillons ont été pris sous la forme de tiges longues de 1 m et d'un diamètre de 0,60 cm. La méthode de l'anneau ne pouvait être employée ; la méthode magnétométrique a été préférée [1].

Le champ magnétisant fut poussé jusqu'à 45 unités C G S, et la perméabilité déterminée pour H = 8; l'aire de chaque courbe servit à déterminer l'énergie dissipée par cycle. Toutes les barres ont été recuites.

Les résultats ne présentent rien de nouveau en ce qui concerne les aciers simples; le meilleur échantillon est le fer de Lowmoor (C = 0,03 p. 100) sa perméabilité est cependant un peu inférieure au fer de Suède au bois.

Les auteurs ont essayé 15 échantillons de fer au manganèse; ils ont constaté une chute brusque de la perméabilité quand la proportion de Mn croît de 2,5 à 4 p. 100. A 13 p. 100 de Mn, l'alliage devient pratiquement non magnétique [2].

Dans la série des alliages de fer et nickel, on

---

[1] Les résultats obtenus montrent que la conductibilité du fer est toujours diminuée par l'alliage avec un autre métal, quelque bon conducteur qu'il soit, excepté peut-être pour l'alliage fer-cuivre dont les auteurs n'ont pu se procurer des spécimens bien purs. D'autre part, il semble qu'il n'y ait aucune relation entre la résistivité de l'alliage et celle des métaux qui le constituent. C'est le tungstène qui réduit le moins la conductibilité du fer; le carbone produit, au contraire, des variations considérables. Les courbes de conductibilité montrent que la diminution de cette grandeur a lieu le plus rapidement pour les premières proportions de métal ajouté au fer; elles semblent avoir toutes une asymptote horizontale.

La table ci-dessous donne l'augmentation de résistance produite par l'addition de 1 p. 100 de métal à un alliage qui en contient déjà 4 p. 100 :

ALLIAGE DE FER et de	AUGMENTATION de la résistivité.	CHALEUR spécifique.	POIDS atomique.
Tungstène. . .	1,1	0,035	184
Cobalt	2,2	0,107	59
Nickel.	2,5	0,109	59
Chrome. . . .	3,0	0,1 (?)	52
Manganèse . .	5,2	0,122	55
Silicium. . . .	10,3	0,183	28
Aluminium. . .	11,1	0,212	27

On voit que les résistivités augmentent dans le même ordre que les chaleurs spécifiques et en ordre inverse de celui des poids atomiques; cette loi se vérifie aussi pour le cobalt et le carbone : bien que pour ce dernier les auteurs n'aient pu obtenir des alliages à plus de 1,25 p. 100, qui contenaient d'ailleurs des traces de Mn, Si, etc.

Le recuit diminue toujours la résistivité ; la réduction atteint la proportion de 87 p. 100 dans l'alliage Fe (78,5) — Ni (14) — Mn (5) — Al (2). L'action de la chaleur est quelque peu différente pour les aciers au manganèse en forte proportion; le refroidissement lent trempe ces aciers; tandis que le refroidissement brusque l'adoucit. Les auteurs rappellent enfin les expériences de Hopkinson qui opérait sur des échantillons moins purs et obtint néanmoins des essais comparables aux leurs. Il en est de même des résultats de M. Le Chatelier (1898), ce qui place le molybdène entre le tungstène et le cobalt dans la table ci-dessus, conformément à son poids atomique 96 et sa chaleur spécifique 0,066.

[1] Après des essais variés, les auteurs ont adopté un galvanomètre de Lord Kelvin gradué en degrés ; en éloignant le galvanomètre sur une planche pourvue de rainures et en se servant d'aimants directeurs de moment connu, on peut faire varier la sensibilité dans les limites voulues. La barre en essai était supportée verticalement dans un solénoïde plus long d'environ 20 cm, la position du pôle supérieur étant repairée, le magnétomètre était placé sur le même plan horizontal et à 45 cm de distance. Une bobine compensatrice introduite dans le circuit principal neutralisait le champ extérieur du solénoïde, et pour les échantillons à haute perméabilité, on neutralisait aussi la composante verticale du champ terrestre par une couche de fil enroulée sur le solénoïde et parcourue par un courant indépendant réglable au moyen d'un rhéostat. Le courant principal était mesuré par trois ampèremètres Weston de différentes sensibilités, mesurant de 0,001 à 18 ampères. On donnait 28 valeurs successives au courant pour parcourir le cycle entier, et avant l'essai, chaque spécimen était ramené à l'état neutre par des inversions rapides de magnétisme décroissant. La composante horizontale du champ terrestre fut déterminée exactement dans la position du magnétomètre et reprise de temps en temps; sa valeur était de 0,174.

La longueur des barres n'étant que de 200 fois le diamètre, on fit des corrections pour tenir compte de l'influence démagnétisante des extrémités; il suffit pour cela sur les diagrammes de déplacer l'axe des inductions d'un angle déterminé et de compter la valeur des champs à partir du nouvel axe.

[2] Il est à remarquer que, quand la proportion de Mn est inférieure à 4 p. 100 une grande proportion de carbone diminue les propriétés magnétiques de l'alliage; et, au delà de 10 p. 100 de Mn, c'est l'inverse qui se produit ; en même temps, l'échantillon devient plus dur à la lime.

obtint plusieurs résultats du plus haut intérêt. un alliage à faible teneur de nickel [Fe (97,01) — C (0,14) — Mn (0,72) — Ni (1,92) — Si (0,21)] fut presque aussi bon que le fer de Lowmoor, mais la perméabilité décroît rapidement jusqu'à une proportion de 20 p. 100 de nickel où elle recommence à croître. Jusqu'à 8 p. 100, le nickel augmente la dureté et la résistance à la traction, mais ces qualités diminuent aussi à 20 p. 100 de Ni.

L'effet du recuit ressort d'une façon remarquable sur un échantillon de fer-chrome-manganèse, avec forte teneur en carbone. Pour $\mathcal{H} = 45$, l'indication est de 13 000 gauss quand il est recuit; non recuit, l'alliage est pratiquement non magnétique. Cette influence du recuit s'observe pour tous les alliages quoiqu'à un degré moindre,

III. Alliages de fer non magnétiques. — Des essais ont été faits sur une série d'alliages à forte teneur de Mn dans un champ de 320 unités C G S; les résultats en sont consignés ci-dessous; la dernière colonne donne la susceptibilité magnétique, celle du fer étant représentée par 100 dans un champ de 45 C G S où l'intensité magnétique du fer est de 1360. Les échantillons sont en général recuits, sauf ceux accompagnés de l'indication contraire.

COMPOSITION				I = INTENSITÉ MAGNÉTIQUE	SUSCEPTIBILITÉ MAGNÉTIQUE celle du Fe = 100.
Fe = 86,74	C = 0,26	Mn = 13		65	0,7
— 85,77	— 1,23	— 13		123 non recuit = 0	1,2 non recuit = 0
— 84,64	— 0,15	— 15,2		0	0
— 83,25	— 1,5	— 15,25		82	0,8
— 80.96	— 1,54	— 18,5		49	0,5
— 76,58	— 0,83	— 5,9	Ni = 14,44 Cu = 2,25	20	0,2
— 80,16	— 0,8	— 5,04	Ni = 14,55	3 non recuit = 0	0,3 non recuit = 0
— 75,36	— 0,6	— 5,04	Ni = 19.	16 — = 3	0,15 — = 0,03
— 69,36	— 0,6	— 5,04	Ni = 25.	7 — = 5	0,07 — = 0,05
— 88,22	— 1,21	— 8	Ni = 2,57	7	0,07
— 79,35	— 1,4	— 10,25	Ni = 9.	49	0,5
— 84,71	— 1,34	— 11,1	Tu = 2,85	30	0,3
— 86,61	— 1,08	— 10,2	Tu = 2,11	5	0,05
— 78,12	— 0,88	— 17,5	Cr = 3,5.	46	0,4

Les auteurs attribuent les variations des propriétés magnétiques à la plus ou moins grande dureté de l'alliage obtenu. Des aciers non magnétiques, mais conservant leurs propriétés mécaniques, seraient d'une grande utilité, spécialement pour la construction des navires, n'était leur prix élevé.

IV. *Alliages de fer plus magnétiques que le fer pur.* — Des expériences antérieures des auteurs ont montré que les alliages à 2,5 p. 100 de silicium ou d'aluminium possèdent des propriétés magnétiques supérieures à celles du meilleur fer de Suède au bois [1].

Les essais ont été effectués avec le solénoïde précédemment décrit, les résultats, après diverses corrections, furent les suivants :

$\mathcal{H}$	FER DE SUÈDE		ALLIAGE au silicium (2,5).		ALLIAGE à l'alum. (2,25).	
	$\mathfrak{B}$	μ	$\mathfrak{B}$	μ	$\mathfrak{B}$	μ
2	7 400	3 700	10 200	5 100	12 000	6 000
4	11 150	2 790	12 300	3 075	13 800	3 450
6	12 600	2 100	13 400	2 333	14 500	2 416
8	13 600	1 700	13 800	1 725	14 900	1 862
10	14 300	1 430	14 200	1 420	15 200	1 520

L'induction de 12 000, pour un champ de 2 unités, est un résultat remarquable pour l'alliage à l'Al.

Ces résultats furent vérifiés sur des barreaux plus courts, avec la méthode de l'anneau

(1) Les échantillons de fer et de ces alliages furent mis sur le tour de façon à obtenir des longueurs équivalentes à 260 fois environ le diamètre; ils furent ensuite chauffés au rouge et refroidis dans les positions Est et Ouest.

d'Ewing [1]; on trouva de légères différences, dues au mode différent de recuit, mais les valeurs relatives demeurent les mêmes.

Les auteurs ont aussi vérifié la concordance entre la méthode du magnétomètre et la méthode balistique sur un échantillon de fer de Suède pris sous la forme d'une barre droite et d'un anneau. La concordance est surprenante pour les champs dépassant 10 unités; au-dessous, les légères différences s'expliquent par un meilleur recuit de l'anneau. Une série de cycles d'hystérésis ont été pris pour le fer de Suède et l'alliage au silicium (2,5). Dans tous les cas, ce dernier est meilleur magnétiquement, comme perméabilité et comme constante d'hystérésis, et il est probable qu'on l'améliorerait encore en soignant davantage le recuit, en supprimant les traces de carbone et de manganèse qu'il contient, et en faisant varier légèrement la teneur en silicium [2].

Cet alliage est d'une belle apparence, se travaille facilement, est susceptible d'un beau poli, mais se rouille plus facilement que le fer. Son emploi dans la construction des transformateurs est tout indiqué, d'autant plus que l'induction généralement usitée dans ces appareils est précisément la mieux appropriée à l'emploi de l'alliage au silicium.

L'alliage à 2,25 d'aluminium présente des résultats encore plus remarquables, la permeabilité et l'induction maxima sont plus grandes pour cet échantillon, pour des champs croissant jusqu'à 60 unités, que pour tout autre échantillon de fer [1].

Dans les tables ci-dessous, les auteurs donnent quelques résultats comparatifs, pour les inductions de 5000 et de 9000 et pour divers échantillons de fer.

Pertes par hystérésis pour $\mathfrak{B}_{max}$ = 9000, 100 périodes, pour échantillons de fer recuit.

	DENSITÉ	CONSTANTE d'hystérésis η	WATTS PERDUS par cm³
Fer doux ordinaire	7,78	0,002	0,042440
Fer de Suède au bois	7,84	0,0011	0,023340
Fer au silicum (2,5)	7,66	0,00073	0,015490
Fer à l'aluminium (2,25)	7,56	0,00068	0,014430

Pertes par hystérésis pour $\mathfrak{B}_{max}$ = 5000, 100 périodes.

	CONSTANTE d'hystérésis.	WATTS PERDUS par cm³
Fer doux	0,002	0,016576
Fer de Suède au bois	0,0011	0,009116
Fer au silicium	0,0008	0,007457

Les auteurs montrent, en citant les meilleurs résultats obtenus par différents expérimentateurs, que ces nouveaux alliages présentent une supériorité remarquable que probablement on pourra encore surpasser avec certaines précautions [2].

(1) La méthode du pont d'Ewing consiste à comparer les barreaux en essai avec un barreau préalablement étalonné quant à sa perméabilité; on fait varier le champ magnétisant entourant le barreau en essai, jusqu'à ce que les inductions soient les mêmes dans les deux barreaux, ce que l'on constate par la réduction à zéro d'une aiguille placée entre deux épanouissements polaires. On ne peut pas obtenir par cette méthode le cycle d'hystérésis, mais seulement la partie ascendante.

(2) Ci-dessous quelques résultats comparatifs entre cet alliage et le fer de Suède au bois pour différents cycles d'hystérésis.

INDUCTION max.	MAGNÉTISME rémanent.	FORCE coercitive.	HYSTÉRÉSIS Ergs par cm³.	CONSTANTE d'hystérésis η.
Fer de Suède au bois.				
17700	10800	1,10	8754	0,001397
11970	9090	0,95	3572	0,001067
9707	7850	0,91	2732	0,001104
4944	3975	0,72	943	0,001158
Alliage au silicium (2,5).				
17500	8000	0,80	6730	0,001094
11260	7375	0,78	2710	0,000892
9440	6600	0,70	2000	0,000873
5079	3850	0,54	741	0,000872

(1) Au point de vue théorique, il est remarquable que l'addition de 2,25 d'aluminium, c'est-à-dire d'un corps non magnétique, au fer, améliore à ce point ses qualités magnétiques. Les auteurs suggèrent comme explication de ce fait l'affinité de l'Al et du Si pour l'oxygène et les halogènes, qui aurait pour résultat de purifier les molécules de fer à la fusion et de produire une texture plus uniforme.

(2) Ainsi, un échantillon de fer envoyé aux auteurs par

Dans la discussion qui suit cette communication, Lord Kelvin demande à M. Barrett si les avantages de ses alliages se traduisent aussi par un moindre échauffement par hystérésis. M. Barrett répond que les pertes par hystérésis ont été déduites de l'aire du cycle d'hystérésis, au moyen de la formule de Steinmetz, mais qu'il poursuit actuellement ses expériences en vue de déterminer directement la perte en chaleur, en plaçant un tube de verre rempli d'eau dans un solénoïde, en y introduisant les barreaux à essayer et en mesurant l'échauffement par la dilatation de l'eau. M. Glazebrook suggère l'idée d'examiner la structure de ces alliages au microscope dont l'emploi a tant fait faire de progrès à l'industrie de l'acier. M. Campbell fait remarquer que l'emploi de l'alliage Fe-Al serait d'autant plus indiqué pour les tôles du transformateur que, d'après les tables données par M. Barrett, sa résistivité est de 39 microhms-cm (environ 4 fois plus forte que celle du fer de Suède) ce qui réduirait notablement les courants de Foucault, ou permettrait d'employer des tôles plus épaisses.

Plusieurs orateurs ayant émis des craintes au sujet de la conservation des propriétés de ces alliages quand ils « vieilliraient », M. Mordey fait remarquer que la question est résolue industriellement ; entre autres, les excellents fers de MM. Sankey and Sons, auxquels M. Barrett a fait allusion, ne présentent pas d'altération en vieillissant ; il n'y a là qu'un procédé de recuit.

Le Président, en remerciant M. Barett, lui offre le concours du National Physical Laboratory, dirigé par M. Glazebrook, pour poursuivre et compléter ses intéressantes recherches.

P.-L. C.

MM. Sankey, de Bilston, présente, selon ces fabricants, une perte d'hystérésis de 0,705 watt par kg pour $\mathfrak{B} =$ 4000 et 100 périodes. Dans les mêmes conditions, les auteurs ont trouvé :

Pour leur fer de Suède. . . .	0,837	watt par kilog
Pour l'alliage au silicium . . .	0,572	—
Pour l'alliage à l'aluminium. .	0,506	—

M. Barrett termine cette intéressante communication par quelques expériences très suggestives sur ces échantillons en tiges longues d'un mètre environ (260 fois le diamètre). En tenant verticalement l'échantillon Fe-Al, on observe une déviation très forte d'une petite aiguille aimantée ; l'opérateur retourne ensuite bout à bout cette tige sans la secouer, et on observe que le magnétisme s'y est instantanément et totalement renversé ; l'aiguille aimantée est, en effet, déviée exactement du même angle et dans le même sens. Avec le fer de Suède et l'échantillon Fe-Si, la déviation est moindre dans la première opération et il y a une certaine quantité du magnétisme primitif qui persiste dans le renversement de la barre.

M. Barrett fait enfin remarquer que si l'on envoie un courant intermittent ou alternatif dans un solénoïde à noyau de fer placé sur une table de résonance, le renversement du magnétisme produit un son qui sera plus ou moins fort, suivant la plus ou moins grande perméabilité du noyau. En réglant le courant de façon à avoir un son à peine perceptible avec le fer de Suède comme noyau, on obtint un son plus fort avec le Fe-Si, et avec le Fe-Al, le bruit peut être entendu dans toute la salle.

Accidents électriques et leur législation, par le major général **C.-B. Webber, F.-B. Aspinall, A.-P. Trotter**. D'après le *Journal of Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 732-822, avril 1902.

Le sujet des accidents dus à l'électricité a fait l'objet de trois communications et d'une discussion importantes, que nous résumerons ci-après. Le premier orateur fait d'abord remarquer l'idée fausse renfermée dans l'expression « arrêt de fonctionnement du cœur » usitée pour expliquer l'insensibilité produite par une forte commotion électrique. Il est bien évident que l'énergie employée à la circulation du sang n'a pas pour siège unique le cœur, qu'elle s'exerce sur tous les points de l'organisme, et qu'elle est surtout considérable aux passages capillaires que les globules du sang doivent traverser au moins deux fois par minute. C'est là surtout que doit s'exercer l'énergie provoquant l'arrêt de la circulation [1].

L'orateur passe ensuite en revue les travaux qui ont été faits au sujet de la conduction de l'électricité à travers le corps humain. Il rappelle des conclusions de M. d'Arsonval, en 1887, attribuant deux effets distincts à la commotion électrique, à savoir, l'effet direct, produisant une rupture ou une torsion des tissus, et l'effet réflexe, agissant sur les centres nerveux, d'où il conclut que la première action entraîne

[1] Comme les passages capillaires cutanés sont les plus directement exposés au contact de l'électricité, la question se pose de savoir si l'arrêt du sang se produit, à travers un canal nerveux, jusqu'à un centre où quelque structure nerveuse se trouve brisée, ou bien, si le choc exerçant son action sur toute la surface cutanée, produit un arrêt de la circulation dans les milliers de passages capillaires.

certainement lamort, tandis que dans le second cas, le sujet peut être rappelé à la vie par l'application de la respiration artificielle ([1]).

En 1891, le major Cardew examine le degré du danger résultant du passage d'une « quantité » d'électricité à travers l'organisme, et M. Fleming signale la possibilité d'une action électrolytique.

En 1895, M. Bleile, professeur à l'Université de l'Ohio, exécute des expériences intéressantes sur des organismes vivants, et trouve qu'avec une injection sous-cutanée de nitroglycérine, un courant de 0,24 ampère, à 50 volts, administré à un chien pendant quatre secondes, n'entraîna point la mort, comme il l'eût fait dans des conditions ordinaires, et attribue ce fait à la dilatation des artères produite par l'injection. La conclusion du professeur Bleile est que la mort est due entièrement à la contraction des artères sous l'influence du système nerveux et de l'arrêt de la circulation qui en résulte.

En 1901, le « Home Office », dans un décret sur les usines et ateliers a cherché à protéger les personnes contre les chocs électriques. L'auteur examine la genèse et discute la valeur de cet essai de législation ([2])

Le *Journal of Institution of Electrical Engineers* donne ensuite la communication de M. F. Aspinall sur le même sujet (t. XXXI, 748-761). L'auteur examine la question au point de vue des mesures à adopter de concert avec l'assistance médicale, quand des personnes sont foudroyées au contact de conducteurs électriques. L'orateur se pose une série de questions sur lesquelles il appuie son opinion d'exemples dont il a été témoin ou qui lui ont été rapportées par des témoins.

D'abord, il estime que le contact avec des conducteurs électriques produit des effets différents suivant les personnes ; ces effets dépendent évidemment de l'humidité, de la callosité de la peau, du tempérament nerveux, du chemin suivi par le courant à travers le corps, de l'état de santé, des habitudes d'intempérance, de l'état de veille ou de sommeil, de la nature du contact, de l'habitude des commotions électriques, etc.,

L'état de la santé influe certainement sur l'aptitude à supporter les commotions ; l'auteur cite le cas d'une personne souffrant d'une maladie des reins et dont la résistance électrique était toujours inférieure à celle de toutes les personnes en bonne santé dont l'auteur déterminait la résistance. Sa sensibilité aux commotions était extrême ; au contraire, des personnes d'intelligence très faible semblent particulièrement insensibles aux secousses.

La transpiration générale du corps, au moment où une personne est foudroyée, semble être un préservatif en shuntant le corps par rapport à la décharge ; il semble en être de même pour les hommes pris de boisson ; dans les deux cas cités par l'auteur, il s'agit de décharges à 2 000 volts, et les victimes de l'accident furent fortement brûlées, mais ne perdirent pas connaissance. Le sommeil semble également insensibiliser l'organisme contre les commotions ; un ouvrier endormi tomba sur un câble à 5 000 volts et ne fut point tué.

Quant au passage suivi par le courant, l'auteur a eu l'occasion de faire des essais sur un

---

([1]) Ces conclusions inspirèrent la circulaire du ministre des travaux publics (1894), imitée plus ou moins aux Etats-Unis et en Angleterre.

En 1888, M. Harold-Brown, de New-York, fit une longue étude sur la différence des effets du courant alternatif et du courant continu, qui, outre les nombreuses controverses soulevées par les intérêts commerciaux, amenèrent la législation américaine sur ce sujet et introduisirent l'électrocution (1889). On fit aux États-Unis des expériences sur des animaux, tels que chiens, chevaux, vaches, etc., en vue de découvrir la tension et le courant nécessaires pour produire la mort avec le moins de souffrances possible, mais le seul fait que les résistances entre électrodes variaient de 200 000 à 1 300 ohms, prouve que l'on n'a pas poussé l'investigation très loin en ce qui concerne les surfaces de contact. On trouva que l'application de 750 volts, pendant cinq secondes, rend la mort inévitable.

([2]) A la suite des rapports des inspecteurs du travail et d'une commission nommée à cet effet, les « usines génératrices d'électricité » furent comprises parmi les établissements dangereux, et le décret du « Home office » y compris même tous les établissements où l'énergie électrique est produite ou transformée » pour tous objets, excepté pour la transmission des signaux. La Chambre de commerce de Londres put amener le secrétaire d'Etat de l'Intérieur à soumettre cette clause à l'examen de l' « Institution of Electrical Engineers », qui nomma une commission composée de MM. Mance, Miller, Patchell, Alex. Siemens, Sellon, Wallace et le major général Webber. Cette commission demanda l'abrogation du paragraphe précité, mais le secrétaire d'Etat regrette de ne pouvoir supprimer l'article en vigueur, en promettant seulement de consulter à l'avenir l' « Institution » avant d'apporter aucun modification à cette législation.

grand nombre de sujets, et il résume ses conclusions de la façon suivante, d'après le chemin suivi (¹).

D'une main à l'autre	Commotion dans la poitrine.
De la main droite au pied droit . .	Rien.
— au pied gauche .	Rien.
— aux deux pieds .	Rien.
De la main gauche au pied gauche.	Coup sur la nuque.
— au pied droit. .	Coup dans le dos.
— à la tête . . .	Coup au sommet de la tête.
De la tête aux reins	Commotion douteuse.

Le chemin suivi doit donc avoir une importance capitale.

Mais la question du contact est, pour l'auteur, la plus importante; parce que la nature du contact influe considérablement sur la résistance offerte à la décharge. En outre, si le contact est de faible surface, les brûlures se produisent plus facilement grâce à la production d'un arc qui les rend en outre très dangereuses. Il est à remarquer que les brûlures avec le pôle positif dans le cas du courant continu, sont plus graves. L'auteur attribue une importance particulière aux brûlures ; il y voit un préventif contre la gravité des décharges, en ce que la brûlure non seulement paralyse les nerfs et les insensibilise, mais aussi parce qu'elles augmentent la résistance à la décharge. L'auteur cite deux cas de mort par contact avec des conducteurs à 2 000 volts où les victimes ne se firent que de très légères brûlures; il est d'avis que l'humidité des mains, en réduisant les chances de brûlures et en favorisant les efforts de la victime pour se dégager, diminue la résistance du contact et augmente le danger (²).

(¹) Pour montrer l'importance de la route suivie par le courant, l'orateur cite deux cas. Dans le premier, un ouvrier, en graissant un alternateur, touche un balai avec le coude droit: son pied droit était à la terre par le bâti, son pied gauche isolé; il perdit connaissance et la recouvra au bout de quarante minutes de respiration artificielle. Le coude et le pied étaient grièvement brûlés. Dans le second cas cité, un ouvrier ajuste des charbons d'un circuit d'arc en série, avec la main gauche, le pied gauche étant à la terre, et il est tué.

(²) L'auteur examine aussi la question des cris et de la perte de la parole; il conclut qu'en général, les victimes jettent un cri et qu'elles peuvent même conserver l'usage de la parole quand elles sont mortellement frappées, jusqu'à la perte de la connaissance.

Le courant alternatif est-il plus dangereux que le courant continu? Dans ce dernier cas, il y a électrolyse, ce qui implique un surcroît de danger. L'auteur a observé en outre que lorsque le conducteur est de forme telle qu'il ne peut être saisi à la main, le courant continu jette la victime à bas, tandis que le courant alternatif l'attache et la replie sur elle-même. Les brûlures sont aussi plus fréquentes avec le courant continu, qui favorise aussi la production et la persistance des arcs. L'usage des potentiels plus élevés avec le courant continu rend naturellement les accidents plus fréquents; neuf fois sur dix, ces accidents proviennent de contact avec des masses métalliques qui ne font pas partie du circuit, mais qui se trouvent tout simplement chargées et non mises à la terre, suivant les prescriptions en vigueur actuellement.

L'auteur regrette l'incertitude qui règne dans les moyens de reconnaître si un homme est mort et de le ranimer quand la mort n'est qu'apparente. Selon lui, la commotion électrique agit comme un anesthésique, tel que le chloroforme; dans deux cas où la mort semblait certaine, on put ranimer les victimes en plaçant la tête en contre-bas de façon à faire affluer le sang au cerveau, comme le font les médecins en cas de perte de connaissance par le chloroforme.

Le troisième orateur traitant le même sujet, M. Trotter, ne s'occupe que des contacts avec des conducteurs à 500 volts environ. Quelques accidents survenus à la suite de chutes de fils de trôlet ont introduit dans l'opinion des idées tout à fait erronées sur le danger des commotions à 500 volts. Cependant la tension adoptée primitivement pour la traction était de 300 volts, et ce n'est qu'à la suite d'essais faits en Amérique, *in corporibus vilibus*, que l'innocuité de la tension de 500 volts, moyennant quelques précautions rudimentaires, fut démontrée.

En ce qui concerne les effets physiologiques du contact avec un conducteur électrique, ils se traduisent par une piqûre, par un fourmillement, par une sensation de chaleur ou par une secousse convulsive. La sensation dépend non de la valeur du courant lui-même, mais de la densité de courant (¹).

(¹) Un contact de 30 cm^2 entre métal sec et la peau nue permet à peine de sentir un courant continu de 1 à

L'auteur évalue, d'après ses expériences, la résistance entre le bout d'un doigt de chaque main à 20 000 ohms, à 100 volts; elle diminue un peu, quand le voltage croît; mais elle réside entièrement dans la résistance de la peau, car on ne trouve presque pas de différence entre cette résistance et celle qu'on prend entre deux doigts de la même main. Entre les deux mains saisissant un fil de trôlet, on trouve une moyenne de 5 000 ohms; mais cette résistance avec des mains sèches peut s'élever à 14 000 ohms. Entre chaque pied, avec des chaussures sèches et sans clous, la résistance varie de 45 000 à 200 000 ohms; le résultat le plus faible obtenu, à 500 volts, sur 25 personnes, est de 25 000 ohms. Avec des chaussures trouées et mouillées, on n'obtint que 13 000 ohms (¹).

Les commotions à 500 volts sont assez fréquentes pour les ouvriers engagés dans une exploitation de tramway, qui reconnaissent qu'ils pourraient aisément en réduire le nombre avec un peu plus d'attention. Les cas où des chocs à 500 volts furent mortels sont si rares, que les conditions de la gravité du contact peuvent seulement être entrevues. Les accidents du Métropolitain, à Paris, et de Pembrock Place, à Liverpool, sont dus à un concours de circonstances dont une grande partie ne se présenterait plus maintenant. L'auteur a eu l'occasion de saisir à deux mains un fil de trôlet, en se plaçant sur une voiture de tramway, par un temps sec, sans éprouver la moindre sensation. Il a fait toucher un fil de trôlet par des femmes et des enfants ayant leurs chaussures en bon état, debout sur les rails, par temps sec, le courant était inférieur à 1/4 de milliampère, et la sensation nulle.

Par temps pluvieux, les pieds placés sur la chaussée humide, le courant atteint 15 milliampères et peut se supporter; avec les pieds sur le rail, on obtint 20 milliampères. Avec des chaussures en mauvais état et mouillées par la marche sur la chaussée, on obtint 35 milliampères que l'auteur a pu supporter quelques secondes.

L'auteur examine aussi le contact avec le troisième rail d'un tramway. Il s'est placé debout sur ce rail, prit la main d'un ingénieur à ses côtés et ne ressentit rien. Il en fut encore de même quand il plaça ses deux pieds sur un rail de roulement et en touchant à la main le rail conducteur. En s'asseyant avec des vêtements mouillés sur les rails, ou en s'y plaçant avec des chaussures usagées et humides, le contact avec le troisième rail donne de 6 à 30 milliampères. On a dit souvent que les chevaux étaient particulièrement sensibles au contact électrique; selon l'auteur, cela tient surtout au contact excellent constitué par les fers et les clous.

En résumé, on a considérablement exagéré les dangers résultant d'un contact avec un fil de trôlet à 500 volts dans les conditions ordinaires (¹).

Discussion. — L'objet de ces diverses communications était surtout de provoquer l'opinion du monde médical au sujet de la nature des accidents dus à l'électricité et des secours à apporter aux victimes.

M. le Dr W.-S. Hedley se félicite de l'invitation qui lui a été adressée par l'Institution de

2 milliampères; de 3 à 8 milliampères, le courant est supportable; au-dessus de 10, il devient douloureux, et au-dessus de 35 on ne le supporte plus. Les courants utilisés en électrothérapie sont toujours inférieurs à 20 milliampères. Un contact de 1 cm² sur chaque pouce rend intolérable un courant de 14 milliampères; alors que l'on supporte très bien un courant de 35 milliampères d'un pied à l'autre à travers le corps, la presque totalité de la plante et du talon formant contact.

(¹) Ces résultats ont été obtenus en mesurant le courant de passage à 500 volts; ils diffèrent naturellement de ceux déduits d'expériences médicales où des précautions particulières sont prises pour éliminer les résistances de contact (électrodes humides, peau humectée avec de l'eau chaude) et dans lesquelles la résistance du corps est évaluée à 2 ou 3 000 ohms. En saisissant dans chaque main une électrode métallique, avec une différence de potentiel de 500 volts, on éprouve une commotion très douloureuse, mais un contact rapide et léger n'est pas plus désagréable qu'avec une bouteille de Leyde ordinaire. Une commotion à 500 volts peut être comparée au contact d'un fer à souder chauffé à la température de travail.

(¹) L'orateur termine sa conférence en reproduisant ses expériences, avec une batterie d'accumulateurs de 500 volts, le courant est indiqué par un milliampèremètre. Il effectue également des mesures de résistance sur 80 membres de l'Institution; entre un doigt de chaque main, 80 p. 100 des sujets prennent moins de 5 milliampères à 100 volts. D'un pied à l'autre, sur des rails à 500 volts, 17 personnes reçurent moins de 0,25 milliampère, et 88 p. 100 d'entre elles n'éprouvèrent rien. D'un pied à la main, 14 personnes ne furent le siège d'aucun courant appréciable, pour les 13 autres, le courant était de 1 à 2 milliampères.

prendre part à cette discussion. Il ne pense pas qu'il soit nécessaire, pour expliquer les effets des commotions électriques, de faire des hypothèses sur le siège des forces directrices de la circulation du sang [1].

En ce qui concerne les expériences du Dr Bleile, rapportés par le général Webber, l'orateur rappelle que ces essais ont été faits avec des tensions de 120 volts environ, et qu'il a été prouvé par les expériences de Prévost, Batelli et Cunningham que lorsque des courants de faibles tensions entraînent la mort, c'est toujours par une action directe sur le cœur, accompagnée d'une chute immédiate de la pression du sang; si les expériences de Bleile sont exactes, la contraction des artères, sans arrêt du cœur ne pourrait produire qu'une augmentation de la pression du sang. Des expériences récentes ont montré, au contraire, que sous le coup de commotions électriques, les contractions régulières du cœur sont remplacées par des contractions irrégulières, non rythmées qui entraînent la chute de la pression du sang.

Le chemin suivi par le courant à l'intérieur du corps est donc d'une grande importance : ses effets dépendent de la proportion dans laquelle il rencontre le cœur [2].

Il est difficile de dire à partir de quel voltage un courant devient dangereux; mais quant à la quantité d'électricité, des essais sur des animaux semblent prouver que le nombre de joules, nécessaire pour entraîner la mort, dépend du poids de la victime. La fréquence de 130 est la plus dangereuse.

En résumé, selon l'orateur, les courants à basse tension tuent par une action directe sur le cœur; quant aux hautes tensions, de 1 200 à 5000 volts, elles peuvent produire un arrêt de la respiration et du cœur à la suite de l'asphyxie qui en résulte; ou bien, une rupture des tissus et peut-être une coagulation des cellules des tissus par la chaleur.

En ce qui concerne la douleur d'une commotion même mortelle, l'auteur ne la croit pas plus forte que celle qu'on ressent d'une décharge de bobine d'induction; quant à la perte de la connaissance, elle peut être assez lente pour que la victime puisse avoir conscience du choc, mais rien de plus.

Quant aux suites de la commotion, elles sont variables; il y a d'abord la syncope passagère, la paralysie est relativement rare; le délire se constate dans quelques cas; la suite la plus commune d'une commotion très violente est la neurasthénie traumatique qui s'observe d'ailleurs après d'autres accidents tels que ceux de chemin de fer.

L'orateur s'étonne de la conclusion de M. Trotter suivant laquelle on pourrait supporter de 8 à 10 milliampères avec une tension de plusieurs centaines de volts, il a toujours observé que les courants usuels en thérapeutique étaient douloureux à 100 volts. Il émet en outre, quelques doutes sur l'équivalence des expériences de M. Trotter et des effets observés en réalité sur un fil de trôlet, où doivent, selon lui, intervenir l'énergie cinétique et la self-induction des appareils.

Un inspecteur du travail, M. Fearon, ne croit pas que la législation actuelle constitue un obstacle aux progrès de l'industrie : d'après les avis recueillis auprès des ingénieurs, des chefs de station et des fabricants, si les prescriptions officielles ne sont pas toujours observées, cela tient à ce que les administrations hésitent à faire les dépenses qui leur sont souvent réclamées par leur personnel même en vue d'assurer la sécurité des manipulations.

Le Dr Legge croit qu'il y a un point bien établi, c'est que toutes les victimes foudroyées par l'électricité présentent toutes des signes d'asphyxie, le côté droit du cœur est engorgé, les poumons sont congestionnés et le sang est accumulé dans les grandes veines du tronc. Mais il reste à examiner, comme l'ont fait divers phy-

(1) Les battements du cœur envoient dans les artères des charges successives de sang et le frottement dans les artères et les vaisseaux capillaires produisent une certaine pression, qui est notablement réduite, ensuite, dans le passage dans les veines et le retour au cœur. La fonction du cœur est de maintenir cette pression et de communiquer au sang la force propulsive nécessaire à la circulation. L'orateur est, du reste, assez disposé à croire que d'autres phénomènes, tels que ceux de dialyse, d'osmose, etc., interviennent pour faciliter le passage dans les vaisseaux capillaires.

(2) Ainsi, Cunningham put tuer un chien avec 10 volts, en appliquant ses électrodes à la tête et aux jambes de derrière; avec les jambes de devant, il lui fallait 80 volts. Les premiers essais d'électrocution, en Amérique, n'eurent de résultat, à 1 700 volts, que quand on déplaça l'électrode inférieure des bras aux mollets, l'autre pôle étant appliqué à la tête.

siologistes, si ces phénomènes sont dus à la respiration suivie de l'arrêt du cœur, ou si c'est l'arrêt du cœur qui se produit d'abord, ou bien, s'il y a une action directe sur le cœur, des contractions des artères et des vaisseaux capillaires, donnant une pression du sang que le cœur est impuissant à surmonter.

D'après l'expérience personnelle de M. Sayers, qui fut victime de deux chocs, l'un à 400, l'autre à 2000 volts, où il perdit connaissance, la douleur de semblable commotion se réduit à la secousse que l'on éprouve, avec une bobine d'induction de bas voltage ou une petite magnéto. La perte de connaissance fut dans les deux cas de courte durée. L'orateur est aussi d'avis que l'asphyxie est la cause générale de la mort par l'électricité comme le prouve la coloration noire du sang artériel. Quant à la réglementation, on a eu tort, selon l'orateur, d'apporter dans cette question les principes que l'on appliquait à des filatures où 600 femmes ou enfants inexpérimentés travaillent dans le même volume que les 5 ou 6 hommes d'une station centrale qui connaissent leurs appareils avec les dangers qu'ils doivent éviter.

Le Dr Lewis Jones est de l'avis de son collègue, M. le Dr Hedley et admet que le cœur est l'organe principal de propulsion du sang; pour le corps médical les hypothèses du major-général Webber constituent une « hérésie ». En réponse aux questions de M. Aspinal, l'orateur affirme que l'on peut supporter 200 milliampères sans suites graves; ce courant est appliqué dans certains cas en thérapeutique électrique; il croit qu'il faut au moins un demi-ampère pour tuer un homme. Mais il n'est pas d'avis que la sueur puisse shunter une décharge et servir de préservatif, comme le pense M. Aspinall. Quant aux moyens de reconnaître si un homme est mort, il rappelle que la cornée de l'œil devient opaque, que l'iris perd sa forme circulaire et que la pupille s'incline suivant la pression exercée sur le globe de l'œil; mais ce n'est pas là un critérium d'une rigueur absolue.

M. Field, en ce qui concerne les dangers respectifs du courant continu et du courant alternatif, rappelle qu'à voltage et à isolement égaux ce dernier est bien plus dangereux, car le facteur qui détermine le courant à travers une résistance r placé entre un pôle et la terre, n'est plus l'isolement ρ seulement, mais $1 : \sqrt{\frac{1}{\rho^2} + c^2\omega^2}$, c étant la capacité, ω la pulsation du courant. L'orateur mentionne également les injections sous-cutanées d'éther, d'alcool, de nitrate de strychnine d'hydrochlorate de cocaïne, de sulfate de morphine, etc., employées avec succès dans beaucoup de cas pour ranimer des personnes foudroyées.

M. L.-W. de Grave examine l'influence de la durée du contact et du voltage sur les effets du courant dans le corps humain. Il a cherché les limites au delà desquelles le contact peut avoir des conséquences graves; en se soumettant lui-même à l'épreuve, il a trouvé qu'il commençait à éprouver une oppression du cœur et une contraction musculaire à 200, 300, 400 et 500 volts, après 22, 19, 15 et 10 minutes respectivement. Avec le courant alternatif, à 60 périodes, mono et triphasé, le maximum est de 250 volts avec 15 minutes. La résistance du sujet était près du double de la plus élevée indiquée par M. Trotter.

Plusieurs orateurs prennent encore part à cette discussion soit au point de vue des accidents en eux-mêmes, soit au point de vue de leur législation (1).

SECTION LOCALE DE BIRMINGHAM

Séance du 11 décembre 1901.

Note sur les diagrammes de courants alternatifs, par **W.-E. Sumpner**. D'après *J. of Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 630-631, numéro de mars 1902.

Les problèmes sur les courants alternatifs se traitent au moyen de la composition directe des vecteurs, ou encore au moyen de la décomposition des vecteurs suivant deux axes rectangulaires et de l'addition des composantes pour en déduire les projections de la résultante. L'auteur se propose de démontrer que cette méthode est encore exacte quand les courants et les forces électromotrices ne varient plus suivant une loi sinusoïdale. Il s'agit de montrer, en langage ordinaire, que le facteur de puissance d'un circuit alternatif est moindre que l'unité, excepté pour des conducteurs non inductifs.

Plus généralement si x, y sont deux grandeurs

(1) Ces questions ont été assez souvent traitées dans ce journal, nous y renverrons le lecteur. En particulier sur les expériences de Prévost-Batelli, voir *Écl. Él.*, t. XVIII, p. 479; t. XIX, p. 236; t. XXII, p. 38.

variables avec le temps d'une façon quelconque, (sauf le cas où x est un multiple constant de y) la valeur moyenne du produit xy est nécessairement moindre que celle de XY, où X^2, Y^2 sont les valeurs moyennes de x^2, y^2.

Considérons l'expression $(Xy - xY)^2$; elle est nécessairement positive. Donc on a

$$X^2y^2 + Y^2x^2 > 2xyXY$$

Ceci étant vrai à chaque instant, l'est pour les valeurs moyennes; donc en appelant $\overline{xy}$ la valeur moyenne de xy, on a :

$$2X^2Y^2 > 2\overline{xy}XY$$
$$XY > \overline{xy}$$

Il n'y a d'exception que si $(Xy - Yx)$ est identiquement nul, ou

$$\frac{x}{y} = \frac{X}{Y} = C^{te}$$

Dans ce cas le facteur de puissance est égal à l'unité.

L'importance de ce résultat tient à ce qu'il est la base de la méthode de représentation des quantités alternatives au moyen du diagramme du triangle, parce qu'on en déduit que la méthode est encore exacte quel que soit l'écart des variations des grandeurs de la loi sinusoïdale.

P. L. Charpentier

SECTION LOCALE DE DUBLIN

Séance du 19 décembre 1901.

Formule générale pour enroulements d'induits réguliers, par **D. Robertson**. D'après *Instit. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 933-948, avril 1902.

L'auteur appelle régulier un enroulement formé de *cycles* d'enroulement répétés un nombre entier de fois. Un enroulement est dit *rentrant* s'il revient et se termine au point de départ; un induit peut être constitué par plusieurs enroulements rentrants indépendants; on l'appelle aussi induit à bobines fermées. Chaque cycle est formé d'une ou plusieurs spires contiguës ou de groupes de spires contiguës. Sur l'induit chaque groupe de spires comprendra deux *faisceaux* de conducteurs; le cycle peut être à 2, 4, etc. faisceaux. Le nombre de conducteurs de chaque faisceau est en général le même que le nombre de spires du groupe. Un faisceau se composera donc de un ou plusieurs conducteurs et recevra un numéro dans l'enroulement. En allant d'un faisceau au suivant par l'intermédiaire des connecteurs, le nombre de faisceaux dépassés, en comptant le faisceau d'arrivée, mais non celui de départ, s'appelle le *pas*; et il y a lieu de distinguer le pas d'avant, du côté du collecteur, et le pas d'arrière du côté opposé. La portion d'enroulement comprise entre deux segments du collecteur, consécutifs dans le tracé est appelée *section*. Le pas polaire est la distance séparant les axes de deux pièces polaires consécutives; en divisant le nombre total de faisceaux par le nombre de pôles, on obtient l'expression du pas polaire en fonction de la *largeur* d'un faisceau. La largeur des pôles s'exprime de la même façon. En passant d'une section à une autre dans l'enroulement, la distance franchie exprimée en largeurs de faisceau est le *pas dans le champ*.

L'auteur désigne par :

c, le nombre de circuits en parallèle,
G, le nombre de faisceaux,
g, le nombre de conducteurs de chaque faisceau (plus grand ou égal à 1),
p, le nombre de pôles,
r, le nombre de pas ou de faisceaux par cycle,
S, le nombre de sections,
s, le nombre de touches du collecteur,
t, le pas total dans le champ pour une rentrée (bobine fermée),
u, le nombre de circuits dans chaque enroulement,
v, le nombre de faisceaux dans chaque enroulement,
w, le nombre de rentrées ou d'enroulements indépendants,
y, le pas moyen,
y_1, y_2, les pas composants,
$y_f\, y_b$, le pas d'avant et le pas d'arrière,
Z, le nombre de conducteurs actifs.

Il rappelle quelques conditions générales : c doit être un entier pair (y compris 0) ; le mode de départ de chaque cycle étant le même, il y a autant de faisceaux-avant que de faisceaux-arrière, donc r est un entier pair ; G est un multiple de rw, p est pair, s est égal à S ou à un multiple de S.

La première conditiou à remplir par un enroulement est de se fermer sur lui-même. Quand une *rentrée*, comme dit l'auteur, se présente,

on a fait t fois le tour de l'armature et le pas dans le champ est tG, exprimé en largeurs de faisceau. Le pas moyen y est le pas dans le champ pour un seul faisceau, donc le premier enroulement contient $\frac{tG}{y}$ faisceaux et le nombre de rentrées est :

$$w = \frac{G}{\frac{tG}{y}} = \frac{y}{t}$$

comme w, t sont entiers, y est entier et multiple de t. Les diverses valeurs possibles de w et t sont les diviseurs de y.

S'il y a r pas dans le cycle, on a

$$y = \frac{1}{r}(y_1 + y_2 + \dots + y_r) = \text{un entier},$$

et la condition générale pour qu'il y ait *rentrée* est que la somme algébrique des pas soit divisible par leur nombre. On fait $\frac{y}{w}$ fois le tour de l'induit pour une rentrée, et par conséquent, y fois pour l'enroulement complet.

On a $G = vw$: le pas dans le champ pour v faisceaux est vy et égal à $\frac{tG}{y}$, mais $\frac{v}{r}$ est un entier, donc aussi $\frac{tG}{yr}$, et il y aura une *rentrée* pour la plus petite valeur de t qui rend cette expression entière, $\frac{y}{t}$ ayant par suite la plus grande valeur possible ; donc $\frac{y}{t}$ est le plus grand commun diviseur entre y et $\frac{G}{r}$. Ainsi quand il n'y a que deux pas, celui d'avant y_f et celui d'arrière y_b, on doit avoir

$$y = \frac{1}{2}(y_f + y_b)$$

$$W = \frac{1}{2}\frac{y_f + y_b}{t} = \text{P.G.C.D. de } y \text{ et } \frac{G}{2}.$$

Avec un système de nombres donnés pour les pas, il peut arriver que, en revenant au point de départ, l'on tombe sur la partie arrière et non sur la partie avant du faisceau de départ, l'enroulement ne serait pas possible. L'auteur dit qu'il y a alors *opposition* et se propose de rechercher les conditions de non-opposition.

Considérons d'abord le cas où il n'y a que deux pas, dans un cycle, et une seule rentrée. Il y aura opposition, si le pas total dans le champ est de la forme $f(y_f + y_b) \pm y_f$ comme on est alors revenu au point de départ, on a parcouru l fois les G faisceaux, de sorte que

$$f(y_f + y_b) \pm y_f = lG,$$

l et f étant des entiers. On en tire

$$f = \frac{lG \pm y_f}{y_f + y_b}.$$

Il y aura opposition, si f est entier pour certaines valeurs entières de l, et, en cherchant la condition pour que cette circonstance ne se présente pas, l'auteur trouve que y_f ne doit pas être un multiple du plus grand commun diviseur de G et $(y_f + y_b)$. Mais, dans notre cas, ce premier grand commun diviseur est $2w$, donc ni y_f ni y_b ne doivent être des multiples de $2w$.

Dans le cas où, avec un cycle à deux faisceaux, il y a plusieurs rentrées, on trouvera que $2w$ ne doit pas être un diviseur de la différence entre les départs de deux enroulements, ni un diviseur de la différence ou de la somme de la différence précédente et de l'un ou l'autre pas.

Dans le cas de cycles à plusieurs faisceaux, avec une seule rentrée, rw ne devra être diviseur d'aucun pas, ni de la somme de 3, 4,.... $r - 1$ quelconques des pas consécutifs.

Enfin, dans le cas général, de plusieurs faisceaux par cycles et d'un nombre quelconque de rentrées ou d'enroulements fermés indépendants, rw ne devra être diviseur, ni de la différence entre les points de départ de deux enroulements quelconques, ni de la somme ou de la différence de la différence précédente et de la somme de deux, trois, etc., quelconques des pas pris dans l'ordre du tracé.

Les autres considérations et formules de l'auteur n'ajoutent rien de nouveau aux publications de Sylv. Thompson, Kapp et Arnold sur ce sujet.

Dans les commutatrices, le nombre des secions dans deux circuits consécutifs, c'est-à-dire entre deux balais de mêmes signes, doit-être divisible de la même façon que l'est la période pour les différentes phases, du côté alternatif. Ainsi, pour le triphasé, il doit-être un multiple de trois et les points de division seront réunis aux trois bagues respectives.

P.-L. Charpentier.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXII. Samedi 23 août 1902. 9e Année. — N° 34.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

CONGRÈS DE MONTAUBAN

DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Le Congrès annuel de l'AFAS, qui s'est tenu du 7 au 14 août, à Montauban, a été particulièrement intéressante pour les électriciens.

La *Traction électrique* a été l'objet de nombreux travaux : Le rapport de M. Monmerqué sur la « Traction électrique urbaine de suburbaine (1) » a donné lieu à une dizaine de communications se rapportant principalement aux tramways à contacts superficiels, aux tramways à accumulateurs et aux automobiles sur route ; la discussion de ce rapport et de ces communications a été l'occasion de l'adoption de divers vœux ; en outre, plusieurs travaux se rapportant à la traction électrique, mais sortant du cadre du rapport de M. Monmerqué, ont été présentés à la section du Génie civil.

La *Télégraphie sans fil* n'a pas été moins favorisée : Le président du Congrès, M. J. Carpentier en avait fait le sujet de son discours d'ouverture ; les chaleureux applaudissements qui l'ont fréquemment interrompu montraient que le public montalbanais aussi bien que les congressistes prenaient le plus vif intérêt aux explications claires et précises données par le sympathique constructeur-électricien sur cette nouvelle conquête de l'électricité. M. le lieutenant de vaisseau Tissot, délégué de M. le ministre de la Marine, obtint des marques d'approbation non moins vives, et des mieux méritées d'ailleurs, lorsqu'il exposa devant la section de Physique quelques-uns des résultats des remarquables travaux qu'il poursuit sur la télégraphie sans fil depuis plusieurs années. Enfin, notre excellent collaborateur et ami, M. A. Turpain, maître de conférences à la Faculté de Poitiers apporta

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 26 juillet 1902, t. XXXII, p. 120-133.

une contribution personnelle et importante sur des sujets connexes en faisant connaître à la section de physique les résultats de ses recherches sur les « Phénomènes de luminescence dans les tubes à air raréfié », de ses observations sur la « Prévision des orages par les dispositifs récepteurs de la télégraphie sans fil » et en exposant les essais qu'il a faits en vue d'utiliser les ondes hertziennes à la solution complète du problème de la multicommunication en télégraphie, ainsi qu'à la commande à distance des compteurs à multiple tarif dans les réseaux de distribution de l'énergie électrique.

Mais si la traction électrique et la télégraphie sans fil ont eu les honneurs du Congrès, les diverses autres parties de l'électricité et du magnétisme n'ont pas été négligées pour celà. Grâce à l'activité du président de la section de Physique, M. Mathias, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, il n'y eut pas moins de quarante-quatre communications présentées à cette section, dont une quinzaine se rapportant à l'électricité. A la section de Météorologie, présidée par M. Marchand, directeur de l'observatoire du Pic du Midi, à celle du Génie civil, présidée par M. Fontès, nous relevons également plusieurs communications intéressant nos lecteurs. Enfin à la section d'Électricité médicale, présidée par M. le Dr Bordier de Lyon, nombreux ont été les travaux présentés.

Dans le prochain numéro, nous donnerons les analyses de la plupart des communications présentées à ces diverses sections ; aujourd'hui nous nous bornerons à esquisser rapidement celles qui se rapportent à la

TRACTION ÉLECTRIQUE URBAINE ET SUBURBAINE

Suivant l'ordre adopté par M. Monmerqué dans son rapport, nous signalerons en premier lieu la communication :

La traction électrique sur la ligne Milan-Gallarate-Varèse, par **J. Rocca**, inspecteur principal de la direction générale des chemins de fer italiens de la Méditerranée, communication dans laquelle l'auteur décrit sommairement les installations électriques de la ligne et donne quelques renseignements intéressants sur les conditions d'exploitation.

La description des installations ayant été faite antérieurement dans ce journal [1], nous en rappellerons seulement les points suivants :

La ligne comprend un premier tronçon à double voie allant de Milan à Gallarate (40 km). De Gallarate partent trois embranchements à simple voie ayant leurs terminus respectifs à Porto-Ceresio (33 km), Laveno (31 km), Arona (26 km). L'énergie électrique est produite à Tornavento dans une usine à vapeur contenant trois groupes électrogènes de 750 kilowatts ; une usine hydraulique attenante à l'usine à vapeur et actuellement en construction contiendra huit groupes de même puissance. Les groupes fournissent directement des courants triphasés à 13 000 volts transmis, par des canalisations aériennes, à cinq sous-stations où ils sont transformés en courant continu à 650 volts. L'alimentation des véhicules s'effectue par le système dit à troisième rail. Le matériel roulant comprend 20 voitures automotrices, 20 voitures de remorquer, une locomotive électrique.

Voici maintenant quelques renseignements nouveaux extraits de la communication de M. Rocca :

Actuellement la traction par l'électricité est en service sur le tronçon Milan-Gallarate (40,3 km) et sur la portion de l'embranchement de Porto-Ceresio qui s'étend de Gallarate à Varèse (18 km), soit sur une longueur de 59 km environ. Les installations sont active-

[1] J. Reyval. La traction électrique sur les chemins de fer Milan-Gallarate-Varèse-Porto-Ceresio-Laveno-Arona. *Écl. Élect.*, t. XXIX, p. 164-176, 2 novembre 1901.

ment poussées sur les 14 km qui séparent Varèse de Porto-Ceresio ([1]); les installations des embranchements de Laveno et de Arona ne sont encore qu'en projet.

Le service électrique entre Milan et Varèse fut ouvert au public, après essais préliminaires, le 20 octobre 1901. Toutefois, par surcroît de prudence, on se borna d'abord à un simple service supplémentaire, en intercalant sept trains électriques, dans chaque sens, entre les trains à vapeur ordinaires. Le 20 novembre, date de l'ouverture du service d'hiver, la vapeur céda complètement la place à l'électricité.

Cette transformation du système de traction coïncida avec la mise en vigueur de diverses améliorations dans le service : distribution des billets dans le train même ; réduction des tarifs; changement de la base même de la tarification, qui n'est plus rigoureusement kilométrique ; augmentation de la fréquence des départs, etc. Ces améliorations eurent pour effet d'accroître considérablement le nombre des voyageurs, mais l'auteur ne croit pas devoir donner encore des détails sur ce sujet, préférant attendre les résultats d'exploitation d'une année entière, le mouvement des voyageurs étant surtout important pendant l'été et l'automne.

L'organisation du service présentait de sérieuses difficultés, la ligne Milan-Varèse continuant à faire partie d'un grand réseau de chemin de fer et à conserver 14 km de voies communes avec une ligne à mouvement intense et à trafic international (la ligne Milan-Turin). De plus, la ligne Milan-Varèse dessert plusieurs centres industriels importants et son trafic comprend non seulement les voyageurs, mais aussi les bagages et les marchandises de grande et petite vitesse. Aussi a-t-on été amené à modifier la composition des trains, qui, en principe, devaient se composer d'une voiture motrice et d'une voiture de remorque pour le service des voyageurs, la locomotive électrique ne devant servir que pour remorquer les wagons de marchandises. Il a fallu mettre en marche des trains à composition plus lourde, avec fourgons à bagages, compartiment postal, plusieurs voitures ordinaires à voyageurs. On est parvenu à satisfaire à toutes ces exigences avec les voitures automotrices et la locomotive. Lorsque, à certaines heures, l'affluence des voyageurs rend insuffisants les trains de 1 voiture motrice et 1 voiture de remorque, on forme des trains avec 4 voitures de remorque et 2 voitures motrices, placées aux deux extrémités, leurs controllers étant commandés d'un même point suivant le système à unités multiples Thomson-Houston. Dans d'autres cas, on attelle la locomotive électrique, qui peut remorquer 150 tonnes à la vitesse de 50 km : h, 1 fourgon postal, 2 voitures de remorque et 2 à 4 voitures ordinaires à voyageurs.

Pour donner plus d'élasticité au service, on a prévu la construction d'un fourgon postal automoteur et de nouvelles locomotives pour trains de marchandises. Le fourgon postal contiendra un compartiment pour les bagages et un autre pour la poste ; il pourra servir à la remorque des trains omnibus. Les locomotives devront pouvoir remorquer, à la vitesse de 30 km : h, des trains de 300 tonnes.

Pendant l'hiver et le printemps derniers, le service comportait 23 trains électriques journaliers dans chaque sens, de Milan à Gallarate, dont 7 pour Arona et 16 pour Varèse. Ces derniers se décomposent ainsi : 6 trains qui ne font que le service des voyageurs (bagages exclus), 8 trains pour voyageurs et bagages, 2 trains prenant en outre les colis à grande vitesse. Parmi ces 16 trains, il y en a 2 appelés *direttissimi*, qui mettent 53 minutes pour le trajet de Milan à Varèse (59 km) et n'ont qu'un arrêt intermédiaire à Gallarate, et 8 *directs*

([1]) D'après une information, un peu ambiguë, dont nous prenons connaissance au moment du tirage, la section Varèse-Porto Ceresio est actuellement, sinon ouverte au service public, tout au moins parcourue par des trains d'essais ; l'installation électrique de cette section serait donc aujourd'hui terminée.

qui ont deux autres arrêts à Legnano et à Busto-Arsizio. Pendant l'été, le nombre des trains a été porté à 32 dans chaque sens, dont 7 *direttissimi* et 10 *directs*, sans compter les trains supplémentaires des jours de fête.

Le personnel d'un train électrique se compose d'un wattman et d'un ou plusieurs agents chargés de la distribution des billets. Par mesure de sécurité, il est prescrit que l'un de ces derniers agents doit être capable de remplacer le wattman.

Les voitures automotrices sont chaque soir visitées soigneusement; tous les dix jours, elles sont soumises à une revision complète.

L'expérience de plusieurs mois a montré que le système à troisième rail convient fort bien pour l'exploitation des chemins de fer. Il permet de franchir à toute vitesse les croisements et les changements de voie, et à ce point de vue l'auteur estime qu'il est supérieur au système à trôlet. D'autre part, il n'a donné lieu à aucun accident grave et il semble résulter que le contact d'un conducteur à 650 volts n'est jamais mortel pour l'homme, pas même dangereux. Enfin, on a pu constater qu'il ne donne lieu à aucune difficulté en temps de neige, comme on le craignait : il n'est nullement nécessaire de recourir à de petits chasse-neige ou à des balais fixés à l'avant du patin frotteur, celui-ci suffisant à déblayer le troisième rail; on a seulement reconnu qu'il pourrait être utile d'ajouter aux deux patins frotteurs deux autres patins ayant pour but de mieux débarrasser la surface du troisième rail de toute couche de neige durcie.

Si nous passons maintenant à l'application de la traction électrique sur les réseaux de tramways urbains, nous avons à signaler diverses communications relatives les unes aux systèmes à contacts, les autres aux systèmes par accumulateurs.

Le système à contacts superficiels Cruvelhier, décrit par **M. Thévenet**, est un système récemment imaginé en vue de remédier aux inconvénients reprochés au système Diatto. Cette description ne pouvant être comprise sans figures nous y reviendrons dans un prochain numéro.

Le système à contacts souterrains Bède. présenté par **M. Lavezzari** est bien connu de nos lecteurs par la description qu'en a donnée ici M. A. Witz dès l'apparition de ce système, description complétée tout récemment [1].

Le système à contacts superficiels Diatto a trouvé un ardent défenseur en **M. Launay**, ingénieur des Ponts et Chaussées, qui, dans une communication fort bien étudiée et fort bien présentée et dont nous regrettons de n'avoir pu nous procurer le texte, a discuté les divers reproches faits à ce système depuis son application dans Paris. L'orateur, qui a eu l'occasion d'étudier à fond le système au cours d'une enquête, conclut nettement que le système Diatto, *bien établi* peut parfaitement résoudre le problème de la traction électrique dans les grandes villes où le trôlet aérien n'est pas toléré par les municipalités, et que si son application à Paris a donné lieu à des déboires, cela tient surtout aux malfaçons qui se sont produites dans l'installation des réseaux qui l'ont adopté, réseaux construits pour la plupart avec beaucoup trop de précipitation pendant l'année 1900.

Une ***Note sur la traction par accumulateurs,*** par **M. Blanchon**, ingénieur de la Société Tudor apporte quelques documents intéressants sur ce système de traction.

Après avoir succintement rappelé le rôle important que jouent les accumulateurs comme régulateurs de la tension dans les usines génératrices pour traction, M. Blanchon s'étend

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXI, p. 201, 11 novembre 1899, et t. XXXII, p. 207, 9 août 1902.

sur leur emploi comme réservoir d'énergie placé sur les voitures, en s'attachant à réfuter les conclusions sévères du rapport de M. Monmerqué sur ce point.

Examinant en premier lieu la traction par accumulateurs avec charge rapide aux stations terminus, il fait d'abord remarquer que si ce mode de traction n'a pas donné dans quelques installations les résultats avantageux qu'on avait espérés, cela tient surtout à ce qu'on avait exigé des accumulateurs un service très dur, imposé sans doute par les circonstances, mais des plus discutables au point de vue technique. En particulier, on avait, par raison d'économie, évité les feeders d'alimentation ; or si on avait bien voulu consentir à la pose de feeders en nombre suffisant, on aurait pu, dans l'une de ces installations, effectuer la charge des batteries aux deux extrémités de la ligne, ce qui eût permis de réduire de 35 à 40 p. 100 le poids de ces batteries et par suite d'éviter les inconvénients observés en cours d'exploitation. D'autre part, les compagnies exploitantes avaient imposé aux fournisseurs de batteries un type de voitures nullement étudié en vue de la traction par accumulateurs.

Suivant M. Blanchon, les difficultés que l'on a rencontrées aux débuts de ce mode de traction peuvent être aujourd'hui facilement surmontées. « Nous pouvons, dit-il, prouver que l'accumulateur mixte, à plaques positives Planté et à plaques négatives genre Faure, construit spécialement d'une manière robuste pour la traction, n'a donné en exploitation aucun mécompte en tant qu'accumulateur. Si ses constantes sont bien appropriées au service qu'il est appelé à assurer, son usure normale et par suite son renouvellement graduel et méthodique n'occasionnent que des frais d'exploitation minimes. Six années complètes d'exploitation suivies sur 180 voitures diverses, parcourant 11 lignes différentes et fournissant un parcours total de plus de 400 000 kilomètres-voiture par mois, soit près de 5 000 000 kilomètres-voiture par an, nous ont prouvé que l'emploi judicieux de l'accumulateur peut rivaliser à tous points de vue avec la plupart des systèmes actuellement en essais. »

Parmi les causes qui, aux débuts, ont donné lieu aux frais d'entretien considérables que critique le rapport de M. Monmerqué, M. Blanchon en signale particulièrement deux : le prix élevé et la fragilité des bacs en ébonite, et le mauvais isolement bes batteries. Or les perfectionnements apportés peu à peu à la construction des bacs a permis de réduire dans la proportion de 10 à 1, les conditions d'exploitation restant identiques, le nombre des bacs cassés, et de plus la plupart des bacs cassés peuvent être réparés à très peu de frais ; aussi le taux d'amortissement des bacs peut-il être fixé, d'après des estimations précises basées sur six années d'expériences, à moins de 10 p. 100 du prix d'achat. Quant à l'isolement des éléments, bien que difficile à obtenir dans une atmosphère que des vapeurs acides rendent conductrice, il a pu être considérablement amélioré en sectionnant la batterie en plusieurs groupes répartis dans des caisses séparées; en fait les incidents dus à des défauts d'isolement ne dépassent plus aujourd'hui 2 ou 3 en moyenne par 100 000 kilomètres-voiture.

M. Blanchon examine alors l'utilisation des accumulateurs suivant le « système mixte » la charge des batteries se faisant dans la partie du trajet où la voiture est alimentée par trôlet aérien. A son avis les reproches faits à ce mode de traction sont injustifiés.

En ce qui concerne la charge des batteries, M. Blanchon estime que cette charge peut se faire avec le système mixte dans des conditions bien meilleures que lorsqu'elle a lieu à un poste terminus. « Dans ce dernier cas, dit-il, si l'on ne prend pas la précaution de manœuvrer un rhéostat, la batterie est soumise à un voltage de 2,6 volts environ par élément dès le début et le courant de charge atteint des valeurs très élevées, incontestablement très nuisibles à la batterie. Avec la charge sous trôlet, au contraire, en supposant

une répartition bien étudiée des feeders, et par suite du voltage sur le réseau, la ligne peut jouer le rôle de rhéostat et la batterie peut être soumise à un voltage progressivement croissant qui permet d'éviter le courant exagéré des premières minutes de charge, sans augmenter sensiblement le temps nécessaire pour une récupération convenable. »

Quant au poids des batteries, le système mixte permet de la réduire dans des proportions considérables. M. Blanchon pense que le service de la plupart des lignes de Paris dans la partie centrale où le trôlet ne peut être accepté, pourrait être assuré par une batterie d'accumulateurs de 200 éléments à une seule plaque positive pesant environ 2 000 kg.

Les odeurs et les dangers d'explosions sont facilement évités en disposant convenablement les batteries au-dessous du truck. Les interruptions de service sont rares et l'expérience faite pendant l'hiver dernier a montré que seules les lignes à accumulateurs n'ont subi aucune interruption de service pendant les jours de neige et de gelée. Enfin, l'encombrement aux terminus, difficile à éviter même avec la charge rapide en quinze minutes, est à peu près nul avec le système mixte. Aussi M. Blanchon conclut-il que le système mixte par accumulateurs et trôlet est celui qui convient le mieux, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique pour la traction dans les villes où le trôlet ne peut être adopté sur toute l'étendue des réseaux.

Une note sur le même sujet, intitulée ***Sur l'exploitation des accumulateurs à charge rapide,*** due à **M. Jumau** et présentée par M. Blondin, discute les conditions dans lesquelles s'effectue ordinairement cette charge et montre que ces conditions ne sont pas celles qui conviendraient le mieux pour la meilleure conservation des batteries.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire intégralement le texte de la note de M. Jumau, nous bornant à faire remarquer que M. Jumau est, en principe, partisan du système par accumulateurs et qu'il se borne à demander une amélioration des conditions actuelles d'exploitation par l'installation sur les voitures de compteurs permettant de se rendre compte de la quantité d'énergie emmagasinée réellement par les batteries, que la charge ait lieu à une station terminus ou en cours de route.

« Dans les exploitations de tramways à charge rapide des accumulateurs, le point délicat est précisément la détermination des conditions exactes de cette charge. L'expérience a montré qu'il peut résulter les plus graves inconvénients à ne pas suivre celle-ci d'une façon toute spéciale et à ne considérer comme important que le facteur temps. Ces inconvénients sont multiples : ils visent avant tout la sécurité d'exploitation ; il est évident que si la charge est insuffisante, il peut en résulter des dangers de pannes dûs à l'épuisement prématuré de la batterie. Ils touchent d'autre part au côté économique par deux points différents : consommation de courant et entretien des accumulateurs. Or une charge excessive provoquera non seulement un gaspillage coûteux d'énergie, mais encore une détérioration plus rapide des éléments.

» Deux cas particuliers sont à examiner selon que la charge rapide se fait pendant la marche de la voiture, par exemple dans le parcours extra-muros s'il s'agit d'exploitation mixte à accumulateurs et trôlet, ou qu'elle se fait à poste fixe à la station terminus ou à l'usine. Dans le premier cas la tension de charge qui est la tension de la ligne est, comme on sait essentiellement variable. Comme la charge que prend une batterie dépend, en outre de la quantité d'électricité débitée, principalement de la tension et du temps de charge, les grandes variations de cette tension sont très préjudiciables à l'obtention d'une charge rationnelle. A certains moments, les batteries peuvent surcharger pendant qu'à d'autres elles chargent insuffisamment. Les diminutions de tensions sont parfois telles que les bat-

teries débitent au lieu de charger. Le fait se produit notamment lorsque, après un accident sur la voie ou un simple embarras de voitures (et ceux-ci sont fréquents à Paris et dans les grandes villes) les tramways arrivent par séries sur le même tronçon de ligne à trôlet ([1]).

» Les inconvénients ci-dessus ne sont pas sans remèdes. En ce qui concerne la tension, il suffit d'établir les lignes de section suffisante ou de multiplier les feeders ou encore de placer en certains points des batteries-tampon, de façon à éviter les trop grandes variations, car les batteries peuvent en général fort bien s'accommoder de petites variations (5 à 7 p. 100 par exemple) pourvu que les voitures soient munies d'un appareil de contrôle indiquant la fin de charge. Un compteur de quantité ([2]) représente le meilleur moyen de réaliser ce contrôle. Un tel compteur peut être établi de façon à marquer dans un sens pendant la décharge et à démarquer pendant la charge ; un dispositif spécial et simple peut permettre de tenir compte du rendement de la batterie pendant la charge, de telle sorte que le wattman est assuré de la charge de sa batterie lorsque le compteur est revenu à zéro. Si, par suite d'une tension un peu plus faible que la tension moyenne, la batterie n'est pas entièrement chargée après le temps normal prévu et que les horaires ne permettent pas de charger plus longtemps, il ne doit pas en résulter d'inconvénients car il ne s'agit que d'un faible nombre d'ampères-heure, dont le compteur tient d'ailleurs compte, et que les batteries à charge rapide doivent être toujours capables d'une capacité beaucoup plus grande que celle exigée par un voyage (on prévoit souvent une capacité plus que double).

» Au lieu de la charge à potentiel constant on a intérêt à adopter la charge à potentiel légèrement croissant, de façon à réduire un peu l'intensité très élevée au début de la charge. Avec l'exploitation mixte, on réalise quelquefois cette condition en éloignant le feeder du point où la voiture prend le trôlet au retour.

» Lorsqu'il s'agit de charge rapide à la station terminus, la tension peut être maintenue suffisamment constante. Malgré cela, il convient de s'assurer également ici de la fin de charge des batteries et de ne pas s'en rapporter uniquement au temps de charge, pour cette raison que, à égalité de tension et de temps de charge, la quantité d'électricité que prend une batterie dépend de ce qu'elle a débité et de son état. Il convient de combattre à ce propos une opinion assez couramment admise dans les exploitations de ce genre, c'est que les batteries doivent se charger automatiquement, c'est-à-dire ne prendre de charge qu'autant qu'elles en ont besoin. Ceci serait exact si on adoptait comme tension de charge, celle qui correspond à la valeur de la force électromotrice des accumulateurs chargés. Ici l'intensité baisse jusqu'à zéro à la fin de la charge et la batterie ne prend plus rien à partir de cet instant. Mais l'adoption de cette tension conduirait à un temps de charge trop élevé pour les exploitations à charge rapide. Avec les tensions plus élevées que l'on est obligé d'adopter,

---

([1]) A la suite de la présentation de cette communication, M. Blanchon a cru devoir faire remarquer que « dans toutes les exploitations dont il a eu à s'occuper les variations de voltage ne dépassent pas 2 à 3 p. 100. Il est hors de doute, ajoute-t-il, que cette régularité de marche doit être attribuée en grande partie aux batteries elles-mêmes, jouant le rôle de *tampon*, de sorte que loin d'apporter des perturbations les accumulateurs améliorent la marche de l'usine ».

Nous répondrons à cette remarque que les grandes variations de tension dont nous parlions en présentant la note de M. Jumau, n'étaient pas les variations se produisant à *l'usine*, mais celles se manifestant en un *point du réseau*. Le fait même que les variations de voltage dans une usine alimentant un réseau à système mixte ne dépasse pas 2 à 3 p. 100 montre bien, si on compare ces variations avec celles beaucoup plus grandes (20 p. 100) qu'on observe dans les usines alimentant sans batterie-tampon un réseau à trôlet, que les batteries situées sur les voitures agissent elles-mêmes comme batterie-tampon, comme le dit M. Blanchon. Dès lors il s'ensuit que ces batteries peuvent parfois se décharger sur le réseau et qu'en tout cas leur charge est fort irrégulière. Or c'est ce que dit M. Jumau.

([2]) Un tel compteur, soumis aux trépidations de la voiture, doit présenter des qualités spéciales sur lesquelles les constructeurs pourraient donner leurs appréciations. J. B.

***

l'intensité à la fin de la charge prend une valeur encore élevée et la prolongation de celle-ci provoque et un gaspillage d'énergie et une usure prématurée des plaques ; en même temps, il se produit un dégagement gazeux abondant, avec entraînement de vésicules d'acide qui incommodent les voyageurs et occasionnent une diminution d'isolement des batteries.

» Il y a lieu de tenir compte également de l'état des batteries. Celles qui, déjà anciennes, peuvent avoir quelques éléments en courts-circuits possèdent une force électromotrice moins élevée et prennent, sous la même tension, une intensité supérieure à celle des batteries normales. Maintenues trop longtemps en circuit, ces batteries absorbent souvent deux ou trois fois la quantité d'électricité nécessaire, dépense de courant non seulement inutile, mais même nuisible puisqu'il en résulte un échauffement et une détérioration de la batterie. De faibles différences dans la densité de l'acide provoquant également des différences dans les forces électromotrices des batteries, celles-ci, par suite, chargent différemment sous la même tension.

» Pour ces raisons, il est également nécessaire d'avoir recours ici aux indications soit d'un indicateur de fin de charge soit, mieux encore, d'un compteur, car le premier ne tient pas compte des variations d'état des batteries.

Quand cela est possible, le mieux est d'effectuer la charge rapide à l'usine car on peut disposer là non seulement des instruments de mesure indiquant l'état de charge des batteries, mais encore des rhéostats de réglage permettant de faire varier la tension d'après l'état des batteries.

En résumé, dans toute exploitation à charge rapide, il ne suffit pas de maintenir les facteurs de charge : tension et temps d'après leur détermination pour des conditions normales d'exploitation, mais il faut tenir compte en outre des variations importantes de débit ou d'état des batteries. La meilleure solution est l'adoption d'un compteur (de préférence compteur de quantité), sur chaque voiture. Dans ce cas, on doit donner comme instructions de couper la charge lorsque le compteur la signale terminée, même si le temps moyen n'est pas atteint. D'autre part, la batterie doit avoir une réserve suffisante de capacité pour pouvoir assurer le service, même si sa charge n'est pas complètement terminée après le temps réglementaire indiqué par les horaires. Le compteur tenant compte des insuffisances de charge, il est toujours possible de parfaire celle-ci, soit à certains moments de la journée quand le trafic est réduit, soit le soir à la rentrée au dépôt.

» Ce n'est que dans une exploitation ainsi assurée qu'il peut être permis de parler du rendement des batteries. Les chiffres assez faibles qui ont été quelquefois donnés avec la prétention de s'appliquer au rendement des batteries à charge rapide sont absolument faux car ils expriment non le rendement des accumulateurs, mais le rendement d'une mauvaise exploitation dans laquelle pour être certain d'assurer une charge suffisante dans des conditions défavorables, on est obligé de surcharger dans les conditions normales.

» La question des compteurs capables de supporter sans dérangements les trépidations des voitures, n'est peut-être pas encore complètement résolue. La solution en serait très désirable.

» L'application des batteries à charge rapide n'a pas toujours été faite d'une façon très rationnelle. Il est certain en effet qu'elle n'est possible que pour des parcours qui ne sont pas trop longs ; sans quoi ou bien on est conduit à des poids inadmissibles de batteries, ou bien, celles-ci calculées trop juste, ne tardent pas à devenir insuffisantes comme capacité et les détresses dues aux épuisements se multiplient.

» On a également exagéré la rapidité de charge. Si celle-ci doit être telle que la tension à maintenir atteigne 2,6 à 2,7 volts et quelquefois même davantage par élément, le dégage-

ment gazeux se produit tumultueusement dès le début de la charge et les voyageurs sont incommodés par les émanations et par la chaleur dégagée, même si la batterie est enfermée dans une caisse spéciale sous la voiture, tandis que l'isolement de la batterie devient impossible à conserver et qu'il peut en résulter des dangers d'incendie ou d'explosion, sans parler des frais d'entretien plus élevés.

» Si on tient dans des limites raisonnables, la traction par accumulateurs à charge rapide est susceptible d'applications encore assez nombreuses et nous pensons même qu'elle peut donner une solution avantageuse aux cas de lignes mixtes où le fil aérien ne peut être employé dans certaines parties du parcours et où il n'y a de possible, outre les accumulateurs, que le caniveau qui coûte très cher et nécessite des travaux qui entravent la circulation ou les contacts superficiels qui, malgré leurs perfectionnements, ont comme principal inconvénient de présenter un danger pour la sécurité publique. Il nous semble que les inconvénients que l'on reproche aux accumulateurs peuvent disparaître devant ces derniers. L'augmentation de poids peut d'ailleurs être très réduite s'il ne s'agit que de petits parcours et surtout d'une série de petits parcours entre lesquels la batterie peut recharger.

» Dans ce cas, il y aurait une utilisation très avantageuse des batteries, aussi bien au point de vue de la diminution des frais d'entretien qu'à celui des dépenses de courant. La batterie pourrait être en effet calculée comme on calcule une batterie-tampon et être utilisée de même. La faible capacité nécessitée par les petits parcours permettrait une grande réserve sans augmenter par trop le poids, et dans ces conditions on pourrait toujours faire travailler la batterie dans la partie moyenne de sa courbe. Chaque charge partielle ne restituant que la capacité débitée ou très peu en plus (la batterie ayant facilement dans ces conditions un rendement de 90 p. 100 en quantité), les éléments ne seraient jamais amenés fin charge en cours d'exploitation et il n'y aurait pas à craindre de dégagements gazeux : les batteries se conserveraient plus longtemps et le rendement en énergie serait plus élevé.

» Bien entendu, les batteries devraient être chargées complètement une fois par jour, le soir par exemple, à la rentrée au dépôt. L'adoption du compteur sur la voiture serait également indispensable dans ce cas.

» Quant aux frais d'entretien des accumulateurs, si on les estime d'après les prix à forfait offerts actuellement par les fabricants d'accumulateurs, on peut les évaluer à 0,07 fr à 0,12 fr par kilomètre-voiture (pour les voitures de 16 à 18 tonnes, à 50 personnes) ».

Une note sur la traction par trôlet automoteur Lombard-Gèrin, communiquée par M. **René Koechlin**, nous servira de transmission entre la traction sur voies ferrées et la traction sur route.

Ce système de traction qui a déjà été décrit dans ce journal [1], exige en effet, comme dans les tramways, une ligne d'alimentation, et, d'autre part, le véhicule se meut sur les chaussées ordinaires.

N'ayant pas à revenir sur la description de ce système (qui doit être appliqué sous peu précisément à Montauban), nous nous bornons à extraire de la note de M. Koechlin les les considérations qu'il développe en sa faveur :

« *Application des omnibus électriques à des services urbains.* — Pour qu'un service de tramways puisse bénéficier du plus grand nombre possible de voyageurs, il faut qu'il assure des départs fréquents, surtout lorsqu'il s'agit de faibles parcours. Dans un tramway électrique ordinaire, la dépense par voiture-kilomètre est relativement élevée et ne diminue

[1] *Écl. Élect.*, t. XXIII, p. 27, 7 avril 1900; t. XXVII, p. CL, 22 juin 1901.

guère par l'emploi de petites voitures, parce que les frais de conduite et les frais d'entretien restent sensiblement les mêmes, quelle que soit la capacité de la voiture. Il en est de même pour la dépense de courant parce que la voiture de tramway doit avoir un certain poids pour assurer sa stabilité sur la voie. Pour ces raisons, il n'est pas possible pour le tramway de diminuer la capacité des voitures en augmentant leur fréquence, sans augmenter considérablement les frais et perdre ainsi le bénéfice d'une exploitation intensive.

» Une autre difficulté pour le tramway, réside dans la simple voie avec points de croisements obligés, ce qui nécessite un horaire absolument fixe qui ne peut se plier aux besoins du trafic, notamment au service des trains, souvent en retard.

» L'emploi d'omnibus électriques, au contraire, permet :

» 1° D'établir deux voies aériennes et d'adapter ainsi les départs aux besoins de la circulation. Si l'aspect de quatre fils paraît disgracieux, on pourra faire l'aller des voitures par une voie et le retour par une autre ;

» 2° De faire de petites voitures légères qui conduiront à un prix de revient de la voiture-kilomètre relativement faible ;

» 3° De supprimer les receveurs en établissant l'entrée des voitures par devant à des arrêts fixes assez rapprochés et en faisant percevoir le prix du billet par le conducteur.

» Il sera d'ailleurs facile d'arriver à ce que la plupart des voyageurs prennent ses billets d'avance en mettant en vente des carnets de billets à prix réduits. Dans ce cas, le conducteur n'aura qu'à timbrer le billet.

» Ces avantages, joints à l'économie des frais d'établissement et d'entretien de la voie, permettront, nous en sommes persuadés, de faire des affaires de traction viables, même dans des centres moins importants, surtout lorsque le capital pourra encore être réduit en louant le courant à une station centrale de lumière déjà existante. Le service d'omnibus électriques, organisé de cette manière à Montauban permettra de se rendre compte de ces avantages.

» *Application des omnibus électriques à la traction sur les lignes suburbaines et d'intérêt local.* — L'établissement de la voie ferrée n'est justifié que pour un trafic relativement considérable. Il est facile de s'en rendre compte par le calcul de la dépense par train ou voiture-kilomètre à laquelle entraîne la voie.

» En moyenne, et pour des lignes sur route en rase campagne, l'entretien de la voie et de la zone de chaussée peut s'évaluer à 700 fr par kilomètre et l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement de la voie à 7 p. 100 de 30 000 fr = 2 100 fr, soit une dépense de 2 800 fr par kilomètre et par an.

» En comptant sur 14 heures de service par jour, la dépense par train ou voiture-kilomètre varie donc suivant la fréquence des départs de la manière suivante :

Fréquence des départs dans chaque sens.	Dépense par voiture ou train-kilomètre correspondant à l'entretien de la voie et à l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement de la voie.
5 minutes	0,023 fr
10 »	0,046
15 »	0,048
20 »	0,091
30 »	0,137
1 heure	0,274
3 heures	0,822

» Ces chiffres montrent que si pour un tramway à départs fréquents, la dépense par train-

kilomètre afférente à la voie est faible, elle devient très élevée pour des départs espacés. Pour des départs toutes les heures, elle atteint 0,27 fr. par voiture ou train-kilomètre, et pour des départs toutes les trois heures, comme ils existent sur des chemins de fer d'intérêt local, 0,82 fr.

» Pour les lignes d'omnibus électriques, cette dépense serait réduite à environ 1/3 ou 1/4 des chiffres ci-dessus et le prix de revient total (y compris intérêt et amortissement du capital engagé) de la voiture-kilomètre sera environ la moitié de ce qu'il serait pour un chemin de fer d'intérêt local ordinaire.

» Les omnibus électriques à trôlet automoteur pourront par conséquent, s'employer avec avantage dans bien des cas où l'établissement et l'exploitation d'un chemin de fer d'intérêt local serait trop onéreux. »

Sur les voitures électromobiles, par M. **Lavezzari**, nous fournit quelques renseignements sur les durées des batteries utilisées dans les fiacres et les voitures de louage, à Paris, pendant l'hiver 1901-1902.

Il résulte des chiffres donnés qu'un fiacre pesant, en ordre de marche, 1 800 kg dont 700 kg d'accumulateurs, et accomplissant un parcours journalier d'environ 45 km, peut faire en moyenne 114 sorties sans qu'il y ait lieu de donner à la batterie d'autres soins d'entretien qu'un lavage des plaques après une soixantaine de sorties environ. Après cette moyenne de 114 charges et décharges, il convient de remplacer les plaques positives. Quant à la durée des plaques négatives elle est beaucoup plus longue : la batterie du fiacre pris comme exemple avait en effet accompli 402 sorties au moment de la communication sans changement des négatives.

Dans les voitures dont les batteries sont en location, les accumulateurs, moins surmenés sans doute, durent beaucoup plus longtemps. Ainsi pour un coupé pesant 2 000 kg, dont 720 kg pour la batterie, le renouvellement des plaques positives n'eut lieu en moyenne qu'après 185 charges et décharges. Pour une autre voiture pesant 1 800 kg dont 500 pour la batterie, le renouvellement des positives n'a de fait qu'après 338 charges et décharges; deux lavages de la batterie avaient été effectués dans l'intervalle.

Les accumulateurs dans l'électromobilisme urbain, par M. **L. Jumeau**, répondent à quelques questions soulevées par M. Monmerqué relativement à l'application des accumulateurs à la propulsion des automobiles sur routes. Voici la reproduction de cette communication :

« Des différents essais de consommation effectués dans Paris, on peut conclure que la dépense moyenne d'énergie électrique est égale à 80 watts-heure par tonne-kilomètre. En admettant une vitesse de marche de 20 km : heure, il en résulte pour la puissance moyenne d'une automobile, la valeur 1 600 watts par tonne de poids total (voyageurs compris).

» Si nous déterminons maintenant le poids de la batterie par rapport au poids total de la voiture en ordre de route, nous trouvons qu'il peut varier de 30 à 25 p. 100 selon le type de la voiture. On a pu élever très notablement cette proportion; mais comme il s'agissait plutôt dans ce cas de voitures de course que de voitures pratiques, nous admettrons que la proportion 35 p. 100 n'est pas dépassée; encore supposerons-nous qu'elle tient compte non seulement du poids des éléments mais encore de celui de la caisse qui les renferme ainsi que des différents accessoires : connexions et câbles, séparateurs de bacs, etc.

» Dans le cas où la batterie est tout entière renfermée dans une caisse unique suspendue sous la voiture, voici quels sont, d'après une exploitation existante, les poids de ces différents accessoires :

Caisse en bois, avec ferrures et couvercles.	95 kg
Calages et séparateurs divers entre les bacs. . . .	14
Connexions (2 par élément) et câbles.	9
Eléments complets	780
Poids total.	898 kg

Ce poids total se rapportait à une voiture de 2 500 kg en ordre de route, le rapport $\frac{293}{2\,500} = 0,36$ concorde bien avec la proportion que nous admettons ici.

» Des poids détaillés ci-dessus, on peut déduire pour le rapport entre le poids total de la batterie montée dans sa caisse et le poids des éléments, la valeur $\frac{898}{780} = 1,15$.

» Par tonne de voiture en ordre de route, nous pouvons donc disposer de 350 kg de batterie montée, soit de $\frac{350}{1,15} = 304$ kg d'éléments.

» Pour déterminer la puissance massique rapportée au kilogramme de plaques, il importe maintenant de connaître le coefficient d'accessoires d'un élément, c'est-à-dire le rapport entre le poids total de l'élément et le poids de plaques de celui-ci. Voici quel est ce coefficient d'après différents constructeurs :

TYPE D'ACCUMULATEUR	COEFFICIENT D'ACCESSOIRES
T. E. M. Société pour le travail électrique des métaux	1,59
B. G. S. Bouquet, Garcin, Schivre	1,49
Phénix, type 1900, à vase poreux.	1,39
Fulmen	1,45
Max	1,60
Heinz	1,33
Phœbus	1,42
Blot-Fulmen	1,36

» On voit que ce coefficient est assez variable : d'une part, il est d'autant plus élevé que les plaques sont plus légères ; d'autre part il varie surtout en raison de l'intervalle laissé entre les plaques et au-dessous des plaques. Lorsqu'il s'agit de plaques légères comme celles imposées par l'automobilisme et quand on a en vue une exploitation économique, nous estimons que ne prendre, par exemple, que 3 mm d'intervalle entre les plaques comme le font certains constructeurs est tout à fait insuffisant. Pour ces raisons, il convient d'adopter environ 1,60 pour le coefficient d'accessoires, qui peut être décomposé comme suit : plaques 1,00, bac en ébonite 0,10, acide 0,40, accessoires divers (tasseaux, séparateurs, couvercle, barrettes de plomb) 0,10.

» Il en résulte ainsi que le poids de plaques par tonne de voiture devient : $\frac{304}{1,6} = 190$kg.

» La puissance massique moyenne, pour la vitesse 20 km à l'heure devient donc $\frac{1600}{190} = 8,42$ watts par kg de plaques et l'intensité massique $\frac{8,42}{1,90} = 4,44$ ampères par kg de plaques, en supposant une différence de potentiel moyenne de 1,90 volt pendant la décharge, valeur très voisine de la moyenne, quelquefois un peu dépassée dans le cas d'éléments à plaques très légères.

» Nous pouvons rechercher maintenant quelles capacités massiques peuvent donner à ce régime les principaux types actuellement existants. En ne considérant ici que les accumu-

lateurs français, voici quelles sont ces valeurs, d'après les renseignements publiés pendant ces derniers temps dans *L'Éclairage Électrique*.

TYPE D'ACCUMULATEUR	DURÉE DE LA DÉCHARGE en heures,	INTENSITÉ MASSIQUE en amp. : kg de plaques.	CAPACITÉ MASSIQUE correspondante en amp.-heure : kg de plaques.
T. E. M. Société pour le travail électrique des métaux.	8	3,04	24,95
	6	3,91	23,45
	4	5,24	21,05
B. G. S. Bouquet, Garcin et Schivre.	10	2,29	22,90
	5	4,05	20,25
	3	5,93	17,80
Phénix, type 1900, à vases poreux.	10	2,20	22,00
	8	2,65	21,25
	6	3,35	20,10
	5	3,86	19,33
	4	4,59	18,35
Fulmen.	8	2,48	19,90
	4	4,07	16,25
Max.	10	1,94	19,40
	5	3,41	17,05
	3	4,93	14,78
Heinz	8	2,17	17,55
	6	2,76	16,75
	4	3,59	14,40
Phœbus	5	2,84	14,06
Blot-Fulmen	8	1,62	12,94
	4	2,97	11,86
	2	4,86	9,70

Nous n'avons mentionné dans ce tableau que des types réellement industriels d'accumulateurs légers pour automobiles. Notons en passant que certains constructeurs sont capables de fabriquer des plaques d'une capacité massique de 35 à 40 ampères-heures par kilogramme. Mais comme il s'agit de plaques à très faible durée, leur emploi en automobilisme ne peut être qu'exceptionnel (cas des courses par exemple).

» En restant sur le terrain industriel, le tableau précédent nous montre qu'il est possible de trouver des éléments capables de débiter pendant cinq heures au régime de 4,44 ampères-heures : kg de plaques et donner ainsi $5 \times 4,44 = 22,2$ ampères-heures : kg de plaques, ce qui signifie que dans les conditions ci-dessus établies (35 p. 100 du poids pour la batterie et vitesse de 20 km : heure) il est possible d'avoir une accumobile pratique capable d'effectuer un parcours de $5 \times 20 = 100$ km sans recharge.

« Remarquons que le parcours augmente très vite lorsqu'on fait croître la proportion de la batterie et qu'on diminue la vitesse, par suite de la propriété que possèdent les accumulateurs d'avoir une capacité assez rapidement croissante quand l'intensité diminue. Un calcul simple nous montrerait ainsi la possibilité de parcours de 200 à 300 km pour les voitures de record de parcours.

» Pour nous en tenir à la voiture pratique, nous pouvons dire que le parcours de 100 km est largement suffisant pour l'électromobilisme urbain où la moyenne des parcours journa-

liers ne dépasse pas 50 km. Nous estimons cependant que cette réserve qui peut paraître élevée *a priori* est nécessaire pour parer d'une part aux éventualités d'augmentation de consommation (mauvais état de la route, par exemple) et d'autre part à la baisse lente de capacité des batteries pendant leur fonctionnement.

» On pourrait éviter cette diminution; mais il faudrait pour cela consentir à des frais d'entretien trop onéreux et comme les plaques (les négatives principalement) sont en état d'assurer un long service avec une capacité qui diminue d'une façon graduelle mais lente, mieux vaut les utiliser ainsi en partant d'une capacité initiale très supérieure.

» Ces raisons rendent à peu près impossible l'emploi des plaques genre Planté dans les accumobiles, à moins de prévoir un changement de batterie dans la journée, ce qui exige un retour au dépôt, des frais supplémentaires de manutention, et, surtout un certain nombre de kilomètres haut-le-pied réduisant d'autant le parcours utile. Dans le tableau précédent en effet, toutes les plaques sont du type à oxydes rapportés, sauf l'élément Blot-Fulmen dont les positives sont à grande surface. Sa capacité spécifique est la plus faible et atteint à peine 10 ampères-heure au régime de 4,44 ampères par kilogramme de plaques, ce qui ne permettrait, dans les conditions ci-dessus, qu'un parcours de $\frac{10}{4,44} \cdot 20 = 45$ km.

» Etant reconnue la possibilité d'assurer dans les grandes villes un service particulier ou public avec accumobiles, doit-il y avoir une entrave économique due aux dépenses d'entretien occasionnées par les batteries? Pour répondre à cette question, il faut évaluer ces dépenses d'entretien. Une évaluation exacte est très difficile à établir puisque, pour être rigoureux, il faudrait tenir compte du type d'accumulateur choisi et aussi des conditions et de l'importance de l'exploitation envisagée.

» Les dépenses les plus importantes sont dues au remplacement des positives, des négatives et des bacs en ébonite, et à la main-d'œuvre de démontage et remontage des batteries.

» De bonnes plaques positives, de capacité spécifique telle qu'elles permettent d'obtenir, dans les conditions exposées précédemment, un parcours initial de 100 km, peuvent facilement assurer avant leur remplacement un parcours total de 7 000 km. Le prix de revient de ces plaques, de fabrication économique, est de 1,30 fr environ par kilogramme. Pour les plaques négatives, on peut compter une durée une fois et demie plus grande, soit 10 500 km et un prix de 1,50 fr par kg.

» La durée des bacs en ébonite est malheureusement assez limitée; nous la supposons ici égale à deux années et nous prenons comme prix de l'ébonite 10 fr par kilogramme.

» Au sujet de la main-d'œuvre, nous estimons que les batteries doivent être démontées et nettoyées tous les 3 500 km.

» Dans ces conditions, on peut calculer comme suit les dépenses d'entretien relatives à une tonne de poids total de voiture et par kilomètre, d'après les chiffres précédemment donnés. Nous admettons ici que le poids des positives est égal à celui des négatives. En réalité, il peut y avoir une petite différence en plus ou en moins, d'après le nombre de plaques de l'élément, car si, d'un côté la négative pèse un peu moins que la positive, d'un autre côté il y a toujours pour n positives $n + 1$ négatives. En moyenne, on peut admettre un poids total égal, soit $\frac{190}{2} = 95$ kg dans notre cas.

Dépenses d'entretien.

Plaques positives : $\frac{95 \,.\, 1{,}3}{7000} =$	0,0177 fr
Plaques négatives : $\frac{95 \,.\, 1{,}5}{10\,500} =$	0,0136
Bacs en ébonite. — Le poids de bacs pour 304 kg d'éléments est égal, d'après ce que nous avons vu, à $\frac{304 \,.\, 0{,}1}{1{,}6} = 19$ kg. D'où une dépense totale de 19 . 10 = 190 fr en deux années. Si la voiture parcourt en moyenne 50 km pendant environ 340 jours par an, la dépense par tonne-kilomètre devient : $\frac{190}{2 \,.\, 340 \,.\, 50} =$	0,0056
Main-d'œuvre de démontage et remontage : $\frac{20}{3\,500} =$	0,0057
Total	0,0426 fr

» Nous ne tenons pas compte ici de l'entretien des autres accessoires, qui est très faible comparativement et qui peut être compensé par la reprise des vieilles matières : plomb, oxydes, ébonite.

» On peut donc considérer que l'entretien des accumulateurs industriels à grande capacité spécifique donne lieu à des dépenses d'entretien d'environ 0,043 fr par tonne-kilomètre de poids total de voiture en ordre de marche.

» En supposant une voiture à 4 places, pesant 1 800 kg et parcourant en moyenne 50 km par jour, on trouve ainsi comme dépenses journalières d'entretien 1,8. 50. 0,043 = 3,87 fr.

» Quoiqu'il soit très désirable que cette somme puisse être réduite dans l'avenir, elle est actuellement beaucoup plus faible que les dépenses pratiquement observées pour l'entretien du matériel mécanique et électrique et des pneumatiques. Une réduction de ces dernières nous paraît d'ailleurs très réalisable, et indépendamment des perfectionnements qui peuvent être apportés dans la construction de la voiture et dans la réduction de son poids, nous signalerons comme fait capable d'amener une économie de ce côté le choix de conducteurs bien exercés, l'entretien du matériel dépendant beaucoup de la conduite de la voiture.

» Ne possédant pas de chiffres officiels sur les autres dépenses d'exploitation, nous ne tirerons pas de conclusions quant aux qualités économiques d'une accumobile. Nous avons simplement voulu montrer ici que si des frais d'exploitation trop élevés limitent encore les applications de l'électromobile dans les villes, le plus grand coupable n'en est peut-être pas la batterie. »

Dans ***Quelques remarques sur l'application de l'électricité à l'automobilisme***, **M. Jeantaud** commence par critiquer les conclusions favorables des deux communications précédentes en ce qui concerne les accumulateurs. A son avis, les divers types d'accumulateurs actuels sont incapables d'assurer avec sécurité et économie un service de véhicules automobiles sur route.

M. Jeantaud parle ensuite des voitures mixtes où un moteur à pétrole charge constamment des accumulateurs dont le courant de décharge sert à l'alimentation des moteurs. Il condamne ce système comme ayant à la fois tous les inconvénients des voitures à accumulateurs et des voitures à pétrole. C'est évidemment affaire d'appréciation, car on peut dire tout aussi bien qu'ils possèdent tous les avantages de ces deux sortes de voitures.

Mais M. Jeantaud dit que si l'électricité ne peut, pour le moment du moins, être utilisée

....

pour la propulsion des voitures sur route, elle peut rendre de grands services pour la mise en marche et les changements de vitesse. Il décrit sommairement à ce propos le dispositif électrique imaginé par M. Hospitalier pour l'embrayage puis un dispositif de changement de vitesse.

Discussion du rapport et des communications. — Pour terminer le compte rendu des deux séances consacrées par le Congrès à la Traction électrique, il nous reste à parler de la discussion qui a été faite du rapport de M. Monmerqué et des diverses communications qui précèdent.

A la vérité cette discussion a plutôt été un commentaire, présenté par M. Forestier, inspecteur général des Ponts et Chaussées, du rapport de M. Monmerqué ainsi que des communications qu'il avait suscitées. Précisant les desiderata des constructeurs, des exploitants et du public sur chacun des points examinés dans le rapport, M Forestier mettait aux voix les vœux et constatations lui paraissant conformes à ces desiderata. Chaque vote était nécessairement l'occasion d'un échange d'idées entre les membres présents.

Voici, sinon le texte rigoureux, le sens des vœux adoptés et constatations formulées par le Congrès :

I. — En ce qui concerne l'automobilisme sur routes :

1° Il serait désirable que les fabricants d'accumulateurs parvinssent à diminuer dans des proportions considérables le poids des batteries.

2° Les constructeurs de voitures sont invités à étudier celles-ci de telle sorte que la vérification de l'état des batteries soit toujours facile.

3° Il conviendrait que les batteries puissent effectuer normalement au moins 150 sorties sans renouvellement de plaques positives.

4° Les systèmes à trôlet dans lesquels la relation entre la voiture et la ligne d'alimentation est souple sont les seuls pouvant être utilisés pour un service public.

II. — En ce qui concerne les tramways :

5° Toutes les fois que des raisons supérieures ne s'opposeront pas à l'emploi du système à fil aérien, c'est ce système qu'il faut adopter.

6° Dans le cas où le trôlet aérien ne peut être adopté, les systèmes à plots peuvent donner satisfaction [1].

7° Les tramways à accumulateurs fournissent également une solution [2].

III. — Il a paru inutile d'émettre des vœux relatifs à l'application de l'électricité aux métropolitains et aux chemins de fer.

(*A suivre.*)

J. Blondin.

---

[1] Signalons ici que la plupart des ingénieurs présents au Congrès étaient d'avis que les accidents imputés aux tramways à plots établis depuis deux ans dans Paris n'existaient souvent que dans l'imagination des reporters. M. Forestier cite un accident relaté avec force détails par la presse parisienne et dont il n'a pu retrouver la victime ; une autre personne affirme, après enquête approfondie, qu'aucun des nombreux accidents signalés chaque jour n'a eu de conséquences graves pour les personnes.

[2] Faisons observer que cette constatation n'est nullement en contradiction avec les vœux adoptés à propos de l'électromobilisme. Dans ce dernier cas, en effet, les voitures doivent être munies de pneumatiques dont l'entretien est très onéreux dès que le poids des voitures dépasse une certaine limite ; d'autre part, quand le poids augmente la conduite devient plus difficile et l'usure de toutes les parties plus rapide. Dans le cas des tramways, on n'a pas à se préoccuper beaucoup de l'entretien des bandages et les voitures ont par elles-mêmes un poids considérable par rapport à celui des batteries. Si donc les accumulateurs ont encore besoin de perfectionnements pour l'électromobilisme, ils peuvent, dans leur état actuel, assurer le service des tramways.

LES EXPÉRIENCES RÉCENTES DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Dans un précédent article [1] nous avons analysé les plus récentes expériences de M. Marconi, les essais de M. Guarini Foresio et montré que si les premières de ces expériences ont permis de communiquer à de très grandes distances (175 et 290 km), elles n'ont pas avancé la solution pratique du problème de la syntonisation. Au point de vue réellement pratique ces expériences à grande distance n'offrent qu'un médiocre intérêt, les communications par télégraphie sans fil à plus de 80 à 100 km ne pouvant devenir d'un usage journalier et par suite de la grande délicatesse et du prix élevé des installations et par suite de la gêne réciproque que ne manqueraient pas de se porter les postes organisés en nombre de plus en plus grand. Les expériences récentes de M. Marconi, curieuses à envisager au point de vue des puissants moyens mis en jeu, n'ont par contre jeté aucun jour nouveau sur les phénomènes utilisés en télégraphie sans fil et sur le rôle des divers organes employés. Entreprises dans un but de réclame industrielle elles n'ont en aucune manière accru nos connaissances concernant les dispositifs employés.

Tout autres sont les résultats obtenus au cours de leurs expériences d'une part par M. Ferrié, d'autre part par M. Tissot. Ce dernier expérimentateur continuant à étudier avec méthode les dispositifs qui lui permettent d'assurer d'une manière constante les communications par télégraphie sans fil à des distances de 80 à 100 km, a recueilli des observations des plus intéressantes. De son côté M. Ferrié, en opérant avec des ballons porteurs d'antennes a fait un certain nombre d'observations nouvelles.

Ce sont ces diverses expériences que nous allons maintenant résumer.

Expériences de M. Ferrié [2]

Les expériences de M. Ferrié [3] ont porté sur trois points intéressants : 1° sur le rôle de l'antenne ; 2° sur le rôle de la terre ; 3° sur la distinction des diverses influences perturbatrices. Il a de plus cherché à déterminer la répartition du champ créé par l'antenne de transmission, en utilisant pour cela des postes installés dans des ballons. De plus, l'étude des phénomènes de la télégraphie sans fil l'a conduit à la réalisation d'un dispositif de télégraphe dans lequel les divers organes sont agencés de la manière la plus pratique et qui peut par suite être mis entre les mains d'employés des moins expérimentés.

Rôle de l'antenne. — Tous les expérimentateurs ont observé que, toutes choses égales d'ailleurs, la distance à laquelle un dispositif donné permet d'échanger des communications est d'autant plus grande que la longueur de l'étincelle produite à l'excitateur est plus grande.

---

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 13, 5 juillet 1902.

[2] G. Ferrié. Sur l'état actuel de la télégraphie sans fil par ondes hertziennes. *Société internationale des Électriciens*, 3 janvier 1902.

[3] Depuis la composition de cet article, M. Ferrié a installé au phare de Belle-Ile un poste d'émission dont l'antenne a 50 m, et a pu communiquer ainsi avec le phare d'Eckmüll (105 km), avec le phare des Baleines (distance 178 km), avec le phare de la Coubre (distance 240 km).

De Dunkerque, avec une antenne de 55 m de hauteur M. Ferrié a pu communiquer avec le Montcalm, faisant partie de l'escadre française se rendant en Russie, jusqu'à une distance de 120 km.

Enfin, tout récemment dans la Méditerranée, en employant toujours des cohéreurs à limaille d'or ou d'argent, M. Ferrié a pu communiquer de Port-Vendres avec deux croiseurs mouillés à Marseille (distance : 110 milles, plus de 200 km ; hauteur d'antennes : 27 m pour les croiseurs, 55 m à Port-Vendres).

Il faut toutefois ne pas dépasser une certaine limite ; l'accroissement de la distance avec la grandeur de l'étincelle cesse dès que cette dernière cesse d'être oscillante, ce qui est d'ailleurs fort aisé à reconnaître et par l'aspect même de l'étincelle et par le bruit qu'elle produit en éclatant. M. Ferrié a abservé que de très longues étincelles donnent souvent de moins bons résultats que des étincelles plus courtes mais bien oscillantes. M. Tissot a d'ailleurs fait au sujet de l'influence de la longueur explosive des mesures que nous exposerons plus loin. Ces mesures jointes aux observations de M. Ferrié portent cet expérimentateur à croire que les meilleures conditions sont réalisées lorsque la distance explosive est telle que la longueur d'onde émise est égale à quatre fois la hauteur de l'antenne.

Au point de vue de la meilleure connexion à réaliser entre l'antenne et l'excitateur, M. Ferrié constate qu'il n'est pas indifférent de relier l'antenne au pôle positif ou au pôle négatif de la bobine d'induction. Les résultats obtenus en reliant l'antenne au pôle négatif sont bien meilleurs bien que l'étincelle excitatrice obtenue soit plus courte que lorsque l'antenne est reliée au pôle positif.

Cette observation a été également faite par M. Tissot.

Role de la terre. — Les observations faites par M. Ferrié relativement à l'utilité des prises de terre sont plus nouvelles et très curieuses. Dans la plupart des expériences de télégraphie sans fil on a toujours constaté l'utilité, la nécessité même d'une bonne prise de terre tant au transmetteur qu'au récepteur.

A ce sujet M. Tissot a observé que la communication de l'antenne transmettrice à la terre devait être assurée par un conducteur dénué le plus possible de résistance et de self-induction. S'il y a absolue nécessité à obtenir une excellente communication de l'antenne de transmission avec la terre il n'est pas moins important que la prise de terre du poste récepteur soit aussi soigneusement assurée. Rappelons à ce sujet une intéressante expérience [1] de M. Tissot faite au phare de Trezien et qui est fort probante : pour obtenir une bonne réception il fallut remplacer la terre, prise tout d'abord au paratonnerre du phare, puis à l'aide d'une plaque enfouie et abondamment arrosée, par une prise de terre obtenue à l'aide d'une plaque de cuivre baignant dans la mer.

M. Ferrié a montré que cette communication avec le sol n'était pas absolument indispensable et pouvait, du moins pour des communications allant jusqu'à 35 et 40 km être supprimée. Rappelons que, au cours des expériences de Corse, M. Ferrié était parvenu à recevoir à Villefranche les signaux émis soit par le poste de Biot (distance 20 km), soit par le navire « la Princesse Alice », *sans prise de terre* avec une antenne de 40 m. Toutefois les signaux émis par le navire transmetteur perceptibles à Villefranche, sans prise de terre, alors que la distance du navire au poste récepteur atteignait 40 km, devenaient imperceptibles dès que la distance surpassait 40 km. Il devenait à nouveau possible de recevoir ces signaux à Villefranche alors que la distance atteignait 80 km pour peu qu'on rétablisse la communication avec la terre.

Cette expérience a engagé M. Ferrié à étudier de plus près l'utilité de la prise de terre tant à la transmission que pour la réception. Voici les résultats de cette étude :

Toute connexion de l'oscillateur avec le sol est supprimée. De plus la bobine d'induction employée, les accumulateurs qui l'alimentent et tout le dispositif transmetteur est soigneusement isolé. La communication de l'antenne avec le sol est remplacée par une communication avec des feuilles métalliques suspendues à des piquets et isolées au moyen

[1] *Les applications pratiques des ondes électriques* (C. Naud, 1902), p. 135 et 138.

de cylindres d'ébonite. Ces feuilles de métal étaient maintenues à 2 m du sol. Elles étaient disposées horizontalement, puis verticalement.

La longueur d'étincelle oscillante du meilleur rendement obtenue à l'oscillateur était d'autant plus courte que la surface métallique des feuilles était plus grande.

En employant une surface métallique ainsi isolée de 5 m², il fallut, pour obtenir une communication comparable à celle obtenue avec prise de terre, doubler la hauteur de l'antenne de transmission.

Le poste récepteur était installé dans les conditions habituelles. Si l'on supprimait la prise de terre du cohéreur, sans toucher aux autres appareils, la réception devenait moins aisée mais on enregistrait cependant encore quelques signaux. Enfin en doublant la hauteur de l'antenne de réception, comme on l'avait fait pour l'antenne de transmission on pouvait parfaitement communiquer sans liaison avec la terre ni à la transmission, ni à la réception. La prise de terre était remplacée de part et d'autre par des feuilles de métal,

Enfin si l'on rétablit la prise de terre du transmetteur, il est possible de recevoir très correctement alors que le cohéreur n'est en relation ni avec la terre ni avec les plaques métalliques, et cela sans avoir à rien changer aux hauteurs d'antenne. Et cette réception correcte est possible à une distance que l'on peut franchir en rétablissant la prise de terre du cohéreur.

C'est ainsi que M. Ferrié put recevoir très correctement aux environs de Paris dans une station, *sans prise de terre*, à une distance de 34 km d'une autre station où la transmission était faite *avec prise de terre* et 1 cm d'étincelle oscillante. Les antennes avaient 100 m de hauteur, mais, par suite de l'interposition de notables accidents de terrain, quelques mètres d'antenne se voyaient d'une station à l'autre. Si l'on rétablissait la prise de terre à la réception la communication était encore possible à 43 km.

La mise en communication des appareils de transmission et des appareils de réception avec la terre tout en augmentant dans de notables proportions (environ le double) la distance possible de transmission, n'est pas indispensable. On peut encore sur terre communiquer à plus de 30 km sans prise de terre.

En dehors de l'intérêt de ces observations relativement au rôle de la terre, elles présentent également un intérêt pratique. Elles montrent en effet que, alors même qu'une prise de terre convenable ne serait pas possible à réaliser (ce qui peut se présenter en particulier en montagnes), on peut encore arriver à communiquer à une distance de 30 km et peut être plus, en remplaçant la terre par des capacités ou de simples feuilles de clinquant isolées, faciles à transporter.

Influences perturbatrices. — Les perturbations observées au cours des diverses expériences de télégraphie sans fil peuvent se rapporter à trois causes différentes : les décharges oscillantes provenant des coups de foudre, les variations du champ électrique terrestre qui produisent des variations de potentiel entre l'antenne et la prise de terre, enfin les effets de la température qui dans les pays chauds se font sentir d'une manière des plus intenses.

Nous nous contenterons de signaler simplement ici ces trois causes de perturbation, renvoyant le lecteur désireux de connaître les effets de ces perturbations, à la communication faite à la Société Internationale des Électriciens par M. Ferrié, dont une analyse détaillée a été donnée dans ce journal [1].

Répartition du champ créé par l'antenne. — Pour étudier cette répartition M. Ferrié a

---

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XXX, n° 3, 18 janvier 1902.

opéré avec des ballons captifs et en ballon libre. Nous nous contenterons également de rappeler ici les résultats obtenus dans le tableau suivant :

Distance de transmission : 20 kilomètres.

ANTENNE de transmission disposée à terre.	ANTENNE de réception disposée en ballon	HAUTEUR du ballon captif portant l'antenne de réception
100 mètres	200 mètres	800 m (réception assurée)
100 »	100 »	400 » (limite de réception)
50 »	100 »	800 » (limite de réception)
50 »	50 »	Récep. impossible à aucune haut.

Si l'on rapproche ces derniers résultats des observations faites relativement au rôle de la terre, on est conduit aux conclusions suivantes qu'énonce M. Ferrié :

Le champ se trouve concentré à la surface du sol.

La terre ne joue pas entre les deux stations le rôle de conducteur.

Au poste transmetteur, la terre en maintenant un des pôles de l'excitateur au potentiel zéro, permet d'obtenir des oscillations puissantes et par suite efficaces. Cette conclusion est toute en faveur de l'emploi des transformateurs dissymétriques du genre de ceux construits par M. O. Rochefort et utilisés avec succès dans les postes de télégraphie sans fil.

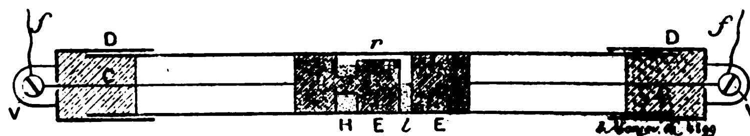


Fig. 1. — Cohéreur de M. Ferrié.

Au poste récepteur, la terre maintient également un des pôles du cohéreur au potentiel zéro, et le rend ainsi plus sensible aux variations de potentiel de l'antenne de réception.

Le champ étant concentré à la surface du sol, l'interposition d'obstacles verticaux entre les deux antennes est néfaste. Les arbres, les carcasses métalliques des maisons, etc., forment autant d'antennes qui absorbent les radiations du transmetteur avant qu'elles aient atteint le récepteur. Ainsi s'explique la difficulté beaucoup plus grande des communications entre deux postes placés à l'intérieur des terres qu'entre stations séparées par la mer.

M. Ferrié qui a effectué la plupart de ses expériences à l'aide d'appareils, construits sur ses indications au Dépôt central de télégraphie militaire, a combiné un modèle de télégraphe sans fil des plus pratiques que nous allons décrire.

Donnons d'abord quelques détails relatifs aux appareils qui y sont utilisés.

Le cohéreur est un cohéreur du type de ceux imaginés par M. Blondel, contenant une réserve de limaille. M. Ferrié en a un peu modifié la construction afin de les rendre plus robustes. L'adjonction d'un tube latéral contenant la limaille en réserve rend en effet le cohéreur de M. Blondel assez fragile. M. Ferrié constitue l'une des électrodes E (fig. 1) par un cylindre dont la partie moyenne a été évidée et possède une gorge circulaire H dans laquelle se loge la limaille en réserve. Celui des deux cylindres que cette gorge sépare et qui n'est pas relié au fil C, présente suivant une génératrice une encoche *r* qui permet d'intro-

duire de la limaille dans l'espace l, situé entre les deux électrodes E, E, ou inversement de

Fig. 2. — Schéma des connexions du poste de télégraphie sans fil de M. Ferrié.

faire passer de la limaille de l en H. Le tube, les électrodes et la limaille sont parfaitement

Fig. 3. — Poste de télégraphie sans fil de M. Ferrié. La boîte contenant les organes récepteurs est ouverte. Réception.

séchés; le tube est fermé à la cire et les extrémités sont protégées par des douilles métalliques munies de bornes v qui permettent d'intercaler le cohéreur dans un circuit.

Les électrodes sont en maillechort; les limailles d'or ou d'argent vierge, d'or ou d'argent allié de cuivre en proportions variables sont employées suivant la sensibilité désirée. La limaille d'or vierge fournit les plus sensibles cohéreurs.

Les bobines d'induction utilisées sont de deux modèles. La bobine Carpentier du type de 35 cm d'étincelle à interrupteur sec est utilisée quand on peut disposer de hautes antennes. Elle consomme 4 ou 5 ampères sous 16 volts et donne comme longueur d'étincelle oscillante : 40 mm d'étincelles avec une antenne de 25 m ; 20 mm avec 50 m d'antenne ; 10 mm avec 100 m d'antenne ; 5 mm avec 200 m d'antenne. Le transformateur dissymétrique Rochefort avec interrupteur à mercure est employé lorsqu'on ne dispose pas d'antennes très longues ou que la distance à franchir est considérable. La longueur d'étincelle oscillante obtenue est double, cette bobine dépensant 6 à 8 ampères sous 32 volts. L'emploi du transformateur Rochefort permet toutes choses égales d'ailleurs de diminuer la hauteur de l'antenne du 1/5 ou du 1/4 de la hauteur que nécessite la bobine Carpentier.

Le manipulateur est à contact cuivre sur cuivre, plongé dans le pétrole et à poignée d'ébonite.

La figure 2 donne un schéma des connexions des diverses parties du dispositif. La figure 3 représente le poste complet (1).

(*A suivre.*)

A. TURPAIN.

(1) Une première particularité de montage est à signaler. La batterie d'accumulateurs qui entretient la bobine de Ruhmkorff en activité pendant la transmission fournit également la différence de potentiel nécessaire à l'entretien du Morse, celle utilisée pour le fonctionnement du relais et même celle qu'il est nécessaire de maintenir entre les électrodes du cohéreur pour le rendre sensible aux ondes. Cette dernière différence de potentiel ne doit varier qu'entre 0,2 volt et 1 volt. Un potentiomètre permet de faire commodément varier cette différence de potentiel entre ces deux limites. Le voltage employé aux bornes du Morse et à celles du relais atteint 10 volts. — Comme dans tous les dispositifs de réception de télégraphie sans fil, le cohéreur est protégé par deux bobines d'impédance ; des shunts sans self-induction, c'est-à-dire à enroulement double, sont placés sur toutes les parties inductives des circuits. Ces shunts présentent une résistance de 1 000 ohms qui a été reconnue la résistance la meilleure à donner pour des appareils ayant 500 ohms de résistance. En particulier, le shunt placé sur le contact du relais, permet à un courant de faible intensité de traverser le Morse, ce qui produit dans les noyaux des bobines de l'électro-aimant du Morse un magnétisme qui, joint à l'inertie de la palette transforme en un trait une série de cohésion et de décohésion très rapprochées du cohéreur. — Le relais employé est un relais Claude à cadre mobile de 500 ohms de résistance d'une extrême sensibilité ; l'intensité du courant qui suffit à l'actionner ne dépasse pas 1/2 à 3/10 de milliampère.

L'antenne peut être mise à volonté, soit en contact direct avec l'un des pôles du cohéreur, l'autre pôle du cohéreur est alors mis à la terre au moyen d'un petit commutateur, soit en relation avec le primaire d'un transformateur dont le secondaire est intercalé dans le circuit du cohéreur.

La seconde particularité que présente, au point de vue pratique, le poste agencé par M. Ferrié, consiste dans la fermeture de la boîte contenant une partie des organes de réception. Cette boîte est métallique et destinée à protéger les appareils qu'elle contient contre l'action nuisible des ondes produites par le poste même. — Pour rendre cette protection plus efficace et empêcher qu'on omette de fermer le couvercle de cette boîte alors qu'on veut transmettre, les connexions sont établies de la manière suivante. — La fermeture du couvercle de la boîte coupe automatiquement les fils de connexion qui relient les appareils placés à l'intérieur de ceux placés à l'extérieur de la boîte; de plus les extrémités des fils situés du côté des appareils intérieurs, se trouvent, par cette fermeture même, mis en communication avec la boîte, qui est elle-même reliée au sol. Il suffit donc de fermer le couvercle de la boîte pendant la transmission pour protéger d'une manière absolue les appareils qui y sont contenus. — Pour prévenir toute omission, le commutateur qui permet de mettre les accumulateurs sur le circuit de transmission, est placé derrière la boîte et ne peut être manœuvré quand la boîte est ouverte. On est donc obligé de fermer le couvercle lorsqu'on veut actionner la bobine d'induction.

DÉCOMPOSITION EN SINUSOÏDES D'UNE COURBE

REPRÉSENTANT UN PHÉNOMÈNE PÉRIODIQUE

Nous avons examiné, dans le numéro du 28 juin de ce journal, le cas de la décomposition en sinusoïdes d'une courbe représentant un phénomène alternatif, nous complétons aujourd'hui les données par l'examen du cas où le phénomène est simplement périodique.

La fonction peut toujours être mise sous la forme

$$Y = C + \Sigma\,(A_m \sin m\omega x + B_m \cos m\omega x).$$

C, A_m et B_m étant des constantes.

Une courbe donnée peut être décomposée en deux autres, l'une représentant la somme de la constante et des termes de rang pair, l'autre la somme des termes de rang impair.

Pour $x = \omega t'$, on a :

$$Y' = C + \Sigma\,(A_{2n} \sin 2n\omega t' + B_{2n} \cos 2n\omega t' + A_{2n+1} \sin (2n+1)\,\omega t' + B_{2n+1} \cos (2n+1)\,\omega t')$$

Pour $x = \pi + \omega t'$, on a :

$$Y_1' = C + \Sigma\,(A_{2n} \sin 2n\omega t' + B_{2n} \cos 2n\omega t' - A_{2n+1} \sin (2n+1)\,\omega t' - B_{2n+1} \cos (2n+1)\,\omega t').$$

On voit que pour tracer la courbe représentant *la somme de la constante et des termes de rang pair* on doit prendre comme ordonnée pour $x = \omega t$ la demi-somme des ordonnées pour $x = \omega t$ et $x = \pi + \omega t$ de la courbe donnée.

Il est facile de voir, que la courbe de la somme de la constante et des termes de rang pair, qui a des ordonnées égales et de même signe pour $x = \omega t$ et $x = \omega t + \pi$ représente une *fonction alternative redressée*.

Pour tracer la courbe *représentant la somme des termes de rang impair*, on prend pour $x = \omega t$, comme ordonnée la moitié de la différence entre l'ordonnée correspondant à $x = \omega t$ et celle correspondant à $x = \pi + \omega t$ de la courbe donnée.

Comme nous l'avons vu, *la courbe de la somme des termes de rang impair* représente une fonction alternative.

Sur la figure 1, la courbe en traits pleins, représente la fonction donnée ; la courbe pointillée EGHF réprésente la somme de la constante et des termes de rang pair; la courbe pointillée O'O''D représente la somme des termes de rang impair.

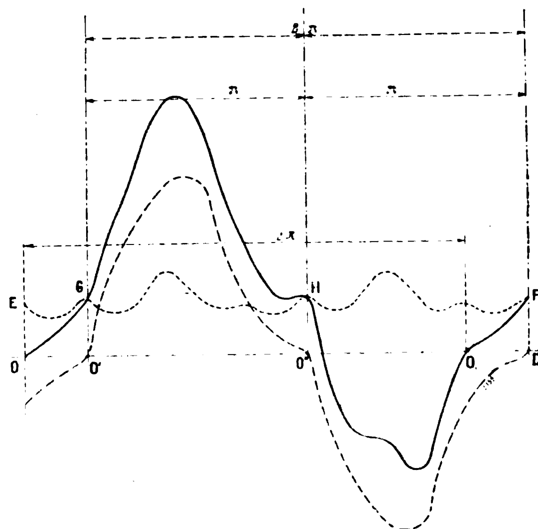


Fig. 1.

Nous avons montré dans le numéro du 28 juin de cette année, comment l'on pouvait déterminer les coefficients des 11 premières sinusoïdes de cette dernière courbe, en prenant pour origine le point O' où elle coupe l'axe des x.

Si l'on veut ensuite prendre le point O comme origine, au lieu du point O', on remplacera dans l'équation ωt, par $\omega t + 2\frac{OO'}{OO_1}\pi$.

Si O′ tombe à droite de O le terme $2\frac{OO'}{OO_1}\pi$ est négatif; si O′ tombe à gauche de O, ce terme est positif.

Décomposition de la courbe représentant la somme de la constante et des termes de rang pair. — On peut prendre pour origine un point quelconque, O ou O′ par exemple.

Pour $x = \omega t'$, on a :

$$Y' = C + \Sigma\,(A_{2n} \sin 2n\omega t' + B_{2n} \cos 2n\omega t').$$

Pour $x = \pi - \omega t'$, on a :

$$y_1' = C + \Sigma\,(-A_{2n} \sin 2n\omega t' + B_{2n} \cos 2n\omega t').$$

On voit que pour tracer la *courbe de la constante et des cosinus de rang pair* on doit prendre comme ordonnée pour $x = \omega t$, la demi somme des ordonnées correspondant à $x = \omega t$ et *à* $x = \pi - \omega t$ sur la courbe représentant la somme de la constante et des termes de rang pair.

Pour tracer la courbe représentant *la somme des sinus de rang pair*, on prend comme ordonnée pour $x = \omega t$, la moitié de la différence entre l'ordonnée correspondant au point $x = \omega t$ et celle correspondant au point $x = \pi - \omega t$ sur la courbe représentant la somme de la constante et des termes de rang pair.

La somme de la constante et des cosinus d'ordre pair peut être mise sous la forme :

$$Y = C + \Sigma\,(B_{2\,(2m)} \cos 2\,(2m)\,\omega t + B_{2\,(2m+1)} \cos 2\,(2m+1)\,\omega t$$

en faisant successivement $x = \omega t'$ et $x = \frac{\pi}{2} + \omega t'$, on aura :

$$Y' = C + \Sigma\,(B_{2\,(2m)} \cos 2\,(2m)\,\omega t' + B_{2\,(2m+1)} \cos 2\,(2m+1)\,\omega t')$$
$$Y_1' = C + \Sigma\,(B_{2\,(2m)} \cos 2\,(2m)\,\omega t' - B_{2(2m+1)} \cos 2\,(2m+1)\,\omega t').$$

On voit que pour tracer *la courbe représentant la somme de la constante et des cosinus de rang* 2 $(2m)$ (B_4, B_8, B_{12}, etc.), on doit prendre comme ordonnée pour $x = \omega t$, la demi-somme des ordonnées correspondant à $x = \omega t$ et à $x = \frac{\pi}{2} + \omega t$ sur la courbe représentant la somme de la constante et des cosinus de rang pair.

La *courbe représentant la somme des cosinus de rang* 2 $(2m+1)$ (B_2, B_6, B_{10}, etc.), peut être tracée en prenant comme ordonnée pour $x = \omega t$, la moitié de la différence entre l'ordonnée correspondant à $x = \omega t$ et celle correspondant à $x = \frac{\pi}{2} + \omega t$ sur la courbe représentant la somme de la constante et des cosinus de rang pair.

Sur la figure 2 la courbe en traits pleins GH représente pour une demi période, la somme de la constante et des termes de rang pair (les ordonnées de la figure 1 ont été doublées pour rendre les différences plus sensibles). On a pris comme origine le point O′ où la courbe de la somme des termes de rang impair coupe l'axe.

La courbe pointillée GH représente la somme de la constante et des cosinus de rang pair et la courbe pointillée O′O″, la somme des sinus de rang pair.

Sur la figure 3, la courbe en traits pleins GH représente la somme de la constante et des cosinus de rang pair ; la courbe pointillée LM la somme de la constante et des cosinus de rang 2 $(2m)$; la courbe pointillée IK représente la somme des cosinus de rang 2 $(2m+1)$.

On peut, sans avoir besoin de décomposer la courbe représentant la somme de la constante et des termes de rang pair trouver les valeurs de la constante et des coefficients jusqu'au dixième rang de la manière suivante :

On divise l'axe de la demi-onde (π) de cette courbe à partir de l'origine choisie en

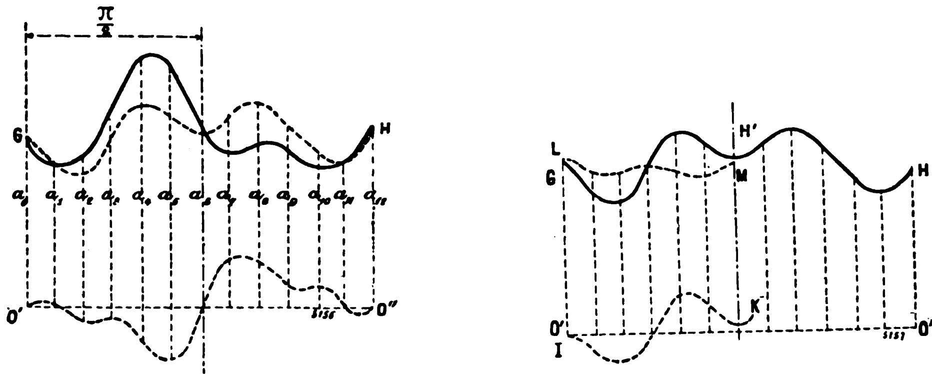


Fig. 2 et 3.

12 parties égales et on mesure les ordonnées $a_0, a_1, a_2, \ldots a_{11}, a_{12}$ ($a_{12} = a_0$) aux points de partage.

En posant :

$$a_1' = \frac{a_1 - a_{11}}{2}; \quad a_2' = \frac{a_2 - a_{10}}{2}; \quad a_3' = \frac{a_3 - a_9}{2}; \quad a_4' = \frac{a_4 - a_8}{2}; \quad a_5' = \frac{a_5 - a_7}{2},$$

on a :

$$A_2 = 0{,}167\,(a_1' + a_5' + 2a_3') + 0{,}289\,(a_2' + a_4')$$
$$A_4 = 0{,}289\,(a_1' + a_2' - a_4' - a_5')$$
$$A_6 = 0{,}333\,(a_1' + a_5' - a_3')$$
$$A_8 = 0{,}289\,(a_1' - a_2' + a_4' - a_5')$$
$$A_{10} = 0{,}167\,(a_1' + a_5' + 2a_3') - 0{,}289\,(a_2' + a_4').$$

En posant :

$$a_0'' = \frac{a_0 + a_6}{2}; \quad a_2'' = \frac{a_2 + a_4 + a_8 + a_{10}}{4}; \quad a_3'' = \frac{a_3 + a_9}{2}$$
$$a_0''' = \frac{a_0 - a_6}{2}; \quad a_1''' = \frac{a_1 + a_{11} - a_5 - a_7}{4}; \quad a_2''' = \frac{a_2 + a_{10} - a_4 - a_8}{4},$$

on a :

$$C = 0{,}333\,a_0'' + 0{,}667\,a_2''$$
$$B_4 = 0{,}500\,(a_0'' - a_3'')$$
$$B_8 = 0{,}167\,a_0'' - 0{,}667\,a_2'' + 0{,}500\,a_3''$$
$$B_2 = 0{,}333\,a_0''' + 0{,}577\,a_1''' + 0{,}333\,a_2'''$$
$$B_6 = 0{,}333\,a_0''' - 0{,}667\,a_2'''$$
$$B_{10} = 0{,}333\,a_0''' - 0{,}577\,a_1''' + 0{,}333\,a_2'''.$$

On peut ensuite ramener à une somme de sinus (en déterminant C_m et tg φ_m) comme il a été indiqué [1], et au besoin changer d'origine.

La courbe en traits pleins de la figure 4 représente l'intensité dans l'enroulement secondaire du noyau central d'un transformateur à 3 noyaux (transformateur triphasé). L'enroulement primaire de ce noyau était parcouru par un courant alternatif, et ceux des deux noyaux extrêmes étaient parcourus par du courant continu dont l'intensité a varié d'une façon continue pendant la durée du relevé, par points, de la courbe).

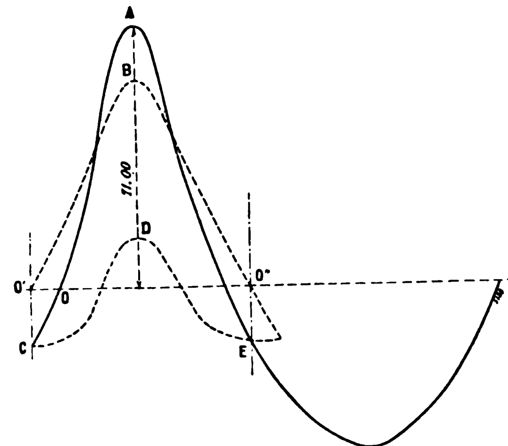


Fig. 4.

[1] A ce sujet, il faut lire à l'avant-dernière ligne de la communication du 28 juin, en prenant pour C_m le signe de A_m et non en prenant pour C le signe de C_m.

La courbe O'BO'' représente la somme des termes de rang impair (il n'y a pas de cosinus impairs). La courbe CDE représente la somme de la constante et des termes de rang pair (il n'y a pas de terme en sinus de rang pair, la courbe étant symétrique par rapport à son ordonnée médiane). Les coefficients ont été déterminés par les méthodes indiquées ci-dessus; en négligeant les termes dont les coefficients sont inférieurs à l'unité (l'origine étant en O') on a :

$$Y = -5{,}10 + 50{,}07 \sin \omega t - 14{,}52 \cos 2\omega t - 6{,}75 \sin 3\omega t + 3{,}50 \cos 4\omega t + 1{,}02 \sin 5\omega t$$

ou bien comme :

$$\cos \alpha = \sin \left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$Y = -5{,}10 + 50{,}07 \sin \omega t - 14{,}52 \sin \left(2\omega t + \frac{\pi}{2}\right) - 6{,}75 \sin 3\omega t + 3{,}50 \sin \left(4\omega t + \frac{\pi}{2}\right) + 1{,}02 \sin 5\omega t.$$

Si on veut prendre comme origine le point O, il faut remplacer dans les relations ci-dessus ωt par $\omega t + 2 \frac{OO'}{OO_1} \pi = \omega t + \frac{\pi}{15}$. En construisant la courbe représentée par les relations ci-dessus, elle se superpose très exactement à la courbe donnée.

F. Loppé.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION

Détermination du nombre de lames au collecteur d'une dynamo à courant continu, par **A. Rothert**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 309, 10 avril 1902.

L'auteur fait d'abord remarquer qu'il n'existe actuellement encore aucune théorie sûre de la commutation, permettant de déterminer rationnellement quelles sont les conditions à remplir, nombre de lames au collecteur, nombre de spires par section, largeur des balais, etc., pour assurer dans les dynamos à courant continu une marche parfaite sans étincelles, sans décalage des balais : l'expérience montre seulement qu'une dynamo, dont le collecteur présente un diamètre pas beaucoup plus petit que celui de l'induit, avec des lames de 6 à 8 mm d'épaisseur, d'autant plus grandes cependant que la tension est plus faible, fonctionne pratiquement sans étincelles, si elle est étudiée rationnellement et ne présente pas de défauts mécaniques.

Cette règle empirique est la seule employée par beaucoup de constructeurs.

Arnold, dans son ouvrage : *Enroulements et construction des induits*, a donné une formule permettant de déterminer le nombre de lames au collecteur :

$$N_2 = 0{,}04 . N \sqrt{J},$$

dans laquelle N_2 désigne le nombre de lames, N le nombre de fils périphériques, J le courant par fil; d'après les essais de l'auteur, la constante (égale à 0,04 dans la formule) varie, pour de bonnes machines, entre les limites 0,018 et 0,06, et peut être prise d'autant plus petite que la puissance est plus faible : cette formule ne peut donc être considérée comme vraiment pratique.

Arnold et Fischer-Hinnen ont beaucoup étudié la question théorique de la commutation, mais dans la voie des applications pratiques, le plus grand pas en avant a été fait par Parshall et Hobart [1].

Ces auteurs ont indiqué que, pour les machines modernes à dents, et à plusieurs sections par dent, le nombre de lignes de force engendrées par ampère-tour et par centimètre de

[1] Cf. *Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 213, 8 février 1902.

longueur peut être pris égal à 4 dans le fer, et à 0,8 dans l'air; de cette donnée, on déduit facilement le coefficient d'induction d'une section, et si l'on connaît la loi de variation du courant pendant la commutation, et que l'on suppose la section commutée unique, on peut calculer la force électromotrice engendrée par la variation du courant; Parshall et Hobart ont admis que la variation était sinusoïdale et ont appelé tension de réactance la valeur maximum de la force électromotrice induite, qui semble caractériser la tendance à la production des étincelles (fig. 1).

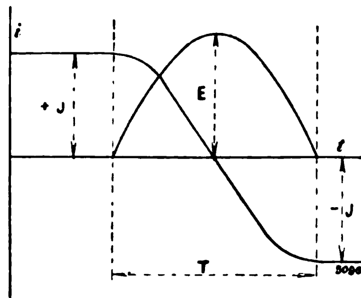


Fig. 1.

On peut admettre que l'étincelle qui se produit lorsqu'une lame de collecteur quitte le balai est d'autant plus longue que la tension est plus grande, et d'autant plus intense que le courant commuté est plus grand; l'effet destructeur de l'étincelle semble donc pouvoir être mesuré par le produit « tension de réactance × courant », lequel produit est proportionnel au carré de la tension de réactance ou de l'intensité du courant.

Lorsqu'il y a plusieurs sections commutées en même temps, il faut tenir compte de l'action de ces sections sur la section considérée, en ajoutant au flux propre de self-induction, les flux provenant des autres sections.

Si on suppose que la loi de variation du courant n'est plus sinusoïdale, mais linéaire, la force électromotrice induite devient constante (fig. 2) : c'est ce que suppose l'auteur et qui d'ailleurs se produit quand la résistance des balais est très grande par rapport à la self-induction.

Les méthodes d'étude de la commutation fondées sur la tension de réactance pèchent par ce point qu'elles supposent constante la résistance de contact des balais, alors que cette dernière varie entre ∞ et un certain minimum : mais l'analyse mathématique complète du phénomène, en tenant compte de ces variations, est très pénible, et l'auteur la laisse de côté pour le moment, se réservant d'y revenir plus tard, si ses recherches aboutissent à des résultats pratiques. La tension utile à considérer serait celle

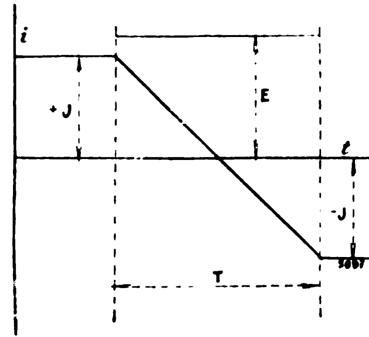


Fig. 2.

qui existe au moment où la lame quitte le balai, qu'on peut appeler « tension d'étincelles » et non les valeurs moyenne ou maximum de la tension de réactance, qui n'ont qu'une faible importance.

Mais, faute de pouvoir étudier cette « tension d'étincelles », l'auteur se contente de donner une formule pratique pour le calcul de la tension de réactance dans les différents cas.

Appelons l et l' les longueurs de fil par spire, placées respectivement dans le fer et dans l'air, N le nombre total de fils périphériques, L le coefficient d'induction d'une bobine commutée, z le nombre de spires par bobine; le coefficient d'induction est proportionnel d'une part au carré du nombre des spires, d'autre part au flux engendré par une spire; l'auteur écrit alors, adoptant les nombres 4 et 0,08 pour les flux engendrés par ampère-tour et par centimètre, respectivement dans le fer et dans l'air [1],

$$L = (2 \times 4\, l + 0{,}8\, l')\, Z^2\, 10^{-8}.$$

---

[1] L'auteur prétend justifier l'emploi du facteur 2 dans l'évaluation des lignes de force engendrées par la partie des fils placée dans le fer en faisant remarquer qu'il y a toujours au moins deux conducteurs juxtaposés dans les dents, tandis qu'ils sont séparés dans l'air.

Nous ne sommes pas de cet avis, et estimons qu'il y a lieu de tenir compte de la position des fils, différente dans le fer et dans l'air, non en multipliant par 2 le

Si maintenant nous désignons par E_r la tension de réactance (valeur maximum calculée dans l'hypothèse d'une variation sinusoïdale du courant pendant la commutation), par T la durée de la commutation, dans le cas d'une seule bobine commutée, nous avons

$$E_r = \frac{\pi L J}{T}.$$

Lorsque plusieurs bobines sont commutées à la fois, il faut dans le calcul de la tension de réactance tenir compte du flux engendré dans la bobine étudiée par les autres bobines commutées en même temps, ce que nous ferons en multipliant le coefficient d'induction L par la moyenne du nombre des bobines commutées en même temps, et par un coefficient λ qui tiendra compte de la position respective de ces bobines dans la même dent ou dans des dents diverses, coefficient que l'auteur étudie plus loin.

Soit b la largeur des balais, b' la largeur d'une lame compris l'isolant, d le diamètre du collecteur, n la vitesse en tours par minute; il vient, pour la tension de réactance, $E_r = \pi L \lambda \frac{b}{b'} \frac{\tau}{T}$, ou en remplaçant L par sa valeur, b' par $\frac{\pi d}{N_2}$, T par $\frac{60 b}{\pi d n}$, τ par $\frac{N}{N_2}$, développant et simplifiant $E_r = 1{,}05\ 10^{-9}.\lambda (l + 0{,}1\ l') \frac{N^2 n J}{N_2}$.

Pour un calcul exact de λ, il faudrait tenir compte : 1° de ce qu'une partie seulement des flux engendrés par les autres bobines traverse la section considérée ; 2° de ce que ces flux sont décalés dans le temps par rapport au flux propre de la section considérée.

L'auteur admet que le flux supplémentaire dû à une bobine peut être pris égal à 0,9, 0,4 ou 0,2 du flux de cette bobine, suivant qu'elle est dans la même dent que la bobine étudiée, dans la dent immédiatement voisine ou dans une dent plus éloignée, et, avec ces hypothèses, il calcule la valeur de λ pour les différents cas de 1, 2, 3 ou 4 bobines court-circuitées à la fois, et de 1, 2, 3 ou 4 lames par dent, en prenant la valeur moyenne des résultats correspondant aux diverses positions possibles dans chaque cas, suivant la place des balais.

Ces valeurs sont résumées dans le tableau suivant (tableau I), et dans la figure 3, qui permet, en particulier, de prendre par interpolation la valeur correspondant aux cas où la largeur des balais n'est pas un multiple exact de la largeur d'une lame de collecteur.

Tableau I. — *Valeurs du coefficient* λ.

Nombre de lames du collecteur par dent.

Nombre de lames recouvertes par un balai.	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	0,70	0,825	0,867	0,887
3	0,555	0,71	0,785	0,818
4	0,45	0,632	0,717	0,768

L'auteur estime que les chiffres de Parshall et Hobart sont relatifs à des dynamos à plusieurs lames par dents, et que dans la formule (1) ci-dessus il faut adopter pour λ non la valeur donnée dans le tableau, mais une valeur plus grande égale à environ 1,33 fois la valeur du

terme 4, mais en réduisant par un coefficient convenable le terme 0,8 relatif à l'air, car il faut remarquer que si on désigne par φ le flux produit par l'unité de courant dans une spire, l'expression du coëfficient d'induction de la bobine est

$$L = c_1 \varphi \tau^2.$$

lorsque le flux φ traverse toutes les spires et que par suite les spires sont toutes pratiquement confondues. Mais si au contraire les spires ne coïncident pas, et qu'une partie seulement du flux φ engendré par une spire traverse les autres, le coëfficient d'induction est plus petit, et il faut adopter à la place de φ une valeur plus faible, moyenne entre les différents flux.

En somme le procédé de l'auteur revient à adopter pour le flux engendré par 1 ampère-tour et 1 cm de longueur de fil, 8 C.G.S. et non 4, dans le fer, et une valeur supérieure à 0,8 dans l'air, 0,8 étant un terme réduit qui tient compte de ce que les fils sont relativement éloignés dans l'air.

Sans insister plus longtemps sur ce point, disons que le chiffre 8 ainsi adopté nous semble exagéré, au moins pour les dents de profil rectangulaire; il varie avec les dimensions de la dent, avec la nature de la fente dans les encoches repercées, mais dans quelques essais que nous avons faits sur la dispersion de l'induit des alternateurs, avec des encoches repercées, il n'a jamais atteint la valeur 8, mais 5 à 6 au maximum, et pour des dents ouvertes, il nous paraît devoir être pris voisin de 4.

Dans ce qui suit, nous maintenons les chiffres de l'auteur. N. d. T.

tableau, ce qui revient encore à augmenter les coefficients numériques de l et l'.

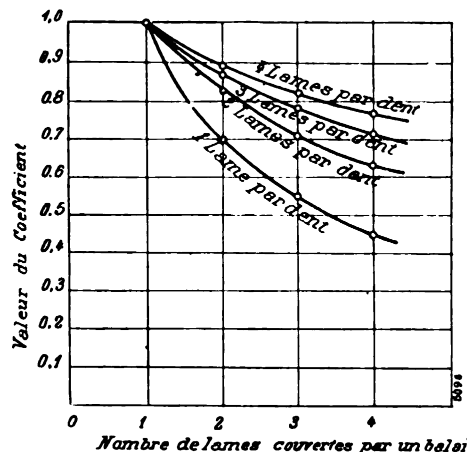


Fig. 3.

Il compare ensuite cette formule (1) à la formule d'Arnold

$$N_2 = C_1 N\sqrt{J};$$

si de la formule (1) on tire N_2, on obtient

$$N_2 = C_2 \frac{(l + 0,1\,l')\,nN^2J}{E_r};$$

si on suppose que le produit $(l + 0,1\,l')\,n$ est constant, ce qui peut être approximativement réalisé dans une série de dynamos normales

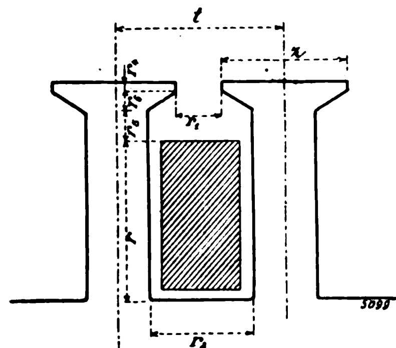


Fig. 4.

(largeur de l'induit variant en sens inverse de la vitesse) et que la tension de réactance doive rester constante pour un bon fonctionnement, on en déduit

$$N_2 = C_3\,N^2\,J.$$

La formule de l'auteur donne pour valeur de N_2, un nombre proportionnel au produit N^2J, et celle d'Arnold au produit $N\sqrt{J}$; à puissance égale, on doit donc, pour une tension quadruple, admettre un nombre de lames au collecteur, double d'après Arnold, quadruple d'après l'auteur ([1]). A. MAUDUIT.

([1]) M. E. Dick (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 396, 1er mai 1902), fait remarquer qu'au lieu de prendre pour multiplicateur de l, les nombres 4 ou 8, on peut calculer ce nombre par la formule, analogue aux formules donnée par Arnold dans son ouvrage « Enroulements et construction des induits » :

$$\gamma = \frac{4\pi}{10}\left[\frac{r}{3r_3} + \frac{r_5}{r_3} + \frac{r_4}{r_1} + \frac{2r_6}{r_1 + r_2} + \frac{2,3}{\pi}\log\left(1 + \frac{nr_7}{r_8 - r_7}\right)\right],$$

les lettres r correspondant à la figure 4 pour l'induit à encoches.

Pour l'induit lisse, on prendra $\gamma = 1$.

Ceci posé il sera bon d'adopter pour valeur maximum de la tension de réactance, dans les différents cas suivants :

Dynamos génératrices avec balais de cuivre		$E_r < 0,3$ V
— réceptrices	»	$E_r < 0,6$ V
— génératrices avec balais de charbon		$E_r < 1,2$ V
— réceptrices	»	$E_r < 1,8$ V.

En terminant, M. Dick signale que cette considération de la tension de réactance ne suffit pas pour assurer une bonne commutation mais que la valeur du champ intervient d'une façon notable et il cite à l'appui de sa thèse l'exemple suivant :

Un petit moteur de 2,5 chevaux, à vitesse variable dans le rapport 1 à 2 par modification du champ, est chargé à sa vitesse maximum, n tours par minute, sous 220 volts jusqu'à ce que de faibles étincelles commencent à apparaître : on note le courant I, et on en déduit par le calcul la tension de réactance.

On porte ensuite la tension à 440 volts et on ramène la vitesse à la même valeur n, en augmentant le champ : on peut alors charger le moteur jusqu'à une intensité de courant à peu près double, avant d'obtenir les mêmes étincelles que précédemment : le renforcement du champ a donc permis avec le même état de fonctionnement des balais de porter la puissance à la valeur quadruple de la première.

M. Rothert répond (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 510, 5 juin 1902) que ce résultat est dû à ce que dans un moteur à vitesse variable dans de si larges limites, et par suite à champ très affaibli et à pièces polaires très larges, par suite de l'énorme réaction d'induit, le champ est très distordu et la zone neutre modifiée; et il estime que dans une machine normale, présentant une zone neutre suffisamment large, une modification du champ resterait absolument sans influence sur la commutation, tant que la tension de réactance serait constante.

ÉLECTROCHIMIE

Sur la fabrication de la soude et du chlorure de chaux par électrolyse, en particulier avec l'emploi d'électrodes en mercure, par **John G.-A. Rhodin.** *Elektrochemische Zeitschrift*, t. IX, p. 4, avril 1902.

Il n'est pas douteux qu'actuellement, pour ces deux produits, la consommation croît plus rapidement que la production. C'est ainsi qu'en 1896 l'Angleterre fabriquait 160 000 tonnes de soude caustique et 170 000 tonnes de chlorure de chaux dont le prix atteignait par tonne 238 fr pour la soude à 77 p. 100 de Na^2O et 125 fr pour le chlorure, tandis qu'actuellement, malgré les nouvelles usines produisant électrolytiquement et créées dans toutes les parties du monde, ces prix sont devenus respectivement 275 et 172 fr.

La raison de cette colossale extension provient de l'accroissement de consommation des fabriques de cellulose et de papier, des savonneries, du blanchiment, etc. On peut admettre que pendant les cinq dernières années la production du monde entier s'est accrue de 25 à 30 p. 100.

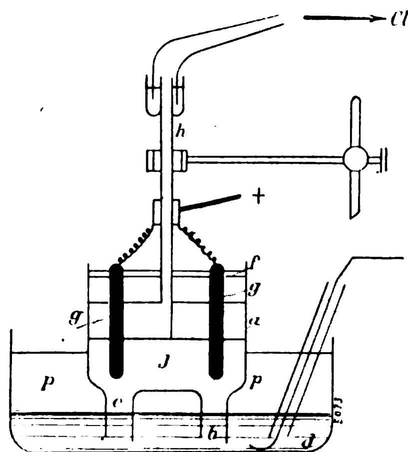


Fig. 1.

L'auteur décrit l'appareil qu'il a construit en vue de l'électrolyse des chlorures alcalins. D'une très grande simplicité, cet appareil peut être représenté par la figure 1 sous sa forme de laboratoire : *a* est un flacon à 2 goulots *b* et *c* qui reposent sur un vase plus grand contenant du mercure *d*. Le fond du premier flacon (flacon de Woulff) a été remplacé par un disque de liège *f* qui laisse passer deux crayons de charbon *g* et un tube central *h* en verre ; celui-ci est maintenu par une bague et possède à la partie supérieure une fermeture hydraulique qui le met en communication avec l'appareil d'absorption. En *j* se trouve la solution de chlorure de sodium et en *p* une couche d'eau qui recouvre le mercure. Les deux branches *b* et *c* plongeant dans le mercure, on évite ainsi le mélange des deux liquides. Le charbon *g* est relié par un frotteur au pôle positif de la source, pendant que le mercure est relié au négatif. On fait tourner le flacon de Woulff puis on ferme le circuit. Le chlore se dégage pendant que l'amalgame de sodium donne de la soude au contact de l'eau.

Actuellement l'appareil se construit avec récipient extérieur en fer et vase intérieur en grès. La partie supérieure de celui-ci est divisée en 6 ou un plus grand nombre de segments triangulaires qui sont perforés en plusieurs endroits ; par ces trous passent les baguettes de charbon.

Pendant le travail, on chauffe le vase de façon à amener l'eau à une température voisine de l'ébullition. On a ainsi l'avantage de diminuer l'absorption du chlore par la solution de chlorure de sodium et d'activer la décomposition de l'amalgame de sodium par l'eau, avec formation de soude caustique. De plus, on diminue la résistance intérieure.

Des expériences faites en Amérique et en Angleterre, il résulte qu'on atteint un rendement de 85 p. 100 en ampères-heure et que la tension de 4 volts est suffisante.

Si on suppose une installation hydraulique disposant de 3 000 chevaux, la puissance électrique peut être évaluée à 2 000 kilowatts en supposant un rendement électrique de 90 p. 100. On peut alors établir de la façon suivante les comptes d'exploitation pour vingt-quatre heures.

Fabrication de 15,1 tonnes de soude caustique et de 30 tonnes de chlorure de chaux par vingt-quatre heures.

Dépenses (1).

20 tonnes de sel, à 20,83 fr la tonne. . . .	416,70 fr.
15 — de chaux, à 27,78 fr la tonne. . .	416,70
48 000 kilowatts-heure, à 0,0097 fr.	466,70
Usure des anodes.	277,80

(1) Nous avons ramené ici en francs les différentes valeurs exprimées en couronnes.

Emballage de 30 tonnes de chlorure de chaux, en tonneaux, à 18,06 fr la tonne.		541,80
Emballage de 15,1 tonnes de soude caustique, à 7,50 fr la tonne.		113,25
Dépenses d'évaporation de la lessive de soude.		277,80
Salaires.		
60 ouvriers dans l'atelier d'électrolyse, à 4,17 fr.	250 » fr.	
15 manœuvres, à 3,47 fr. . . .	52,10	
15 ouvriers dans les chambres à chlore, à 4,17 fr.	62,50	
6 ouvriers pour l'évaporation, à 4,17 fr.	25 »	
5 ouvriers pour les machines, à 5 fr.	25 »	
6 ouvriers aux ateliers de réparation, à 4,17 fr.	25 »	
Total des salaires.		439,60
Frais généraux (en supposant 138 900 fr par an), par jour.		463 »
Transport jusqu'à Liverpool, 46 tonnes, à 20,83 fr.		958,40
10 p. 100 d'amortissement de 1 703 470 fr (coût de la fabrique, machines comprises).		586,35
5 p. 100 d'amortissement sur 770 062 fr (coût du mercure dans 440 éléments). .		128,35
Total des dépenses.		5 086,45 fr.

Recettes.

15,1 tonnes de soude caustique, à 275 fr la tonne (11 livres St.)	4 152,50
30 tonnes de chlorure de chaux, à 171,90 fr la tonne (livres 6, 17, 6).	5 156,65
Total des recettes.	9 309,15 fr.

Bénéfice net par jour 4 222,70 fr.

Bénéfice net par année (de 300 jours) 1 266 810 fr = 25,4 p. 100 de 5 000 500 fr.

Ces prix sont établis d'après les cours du *Chemical Trade Journal* du 19 octobre 1901. En prenant comme base les prix les plus bas, on trouve pour les recettes :

15,1 tonnes de soude caustique, à 225 fr (9 livres st.)	3 397,80 fr.
30 tonnes de chlorure de chaux, à 125 fr (5 livres st.)	3 750 »
Total des recettes.	7 147,80 fr.

D'où il résulte comme bénéfices :

Bénéfice net par jour 2 061,35 fr.

Bénéfice par an (= 300 jours) 6 184,05 fr = 12,4 p. 100 de 5 000 500 fr.

L'auteur fait remarquer que le capital de 5 000 000 peut être vraisemblablement réduit et que dans les dépenses, la matière première, le sel, entre seulement pour 8,2 p. 100.

L. J.

DIVERS

Les travaux du savant russe N. Sloughinow et l'interrupteur de Wehnelt, d'après une lettre de **Vl de Turine**.

Des recherches bibliographiques ont conduit M. Vl de Turine à retrouver dans une brochure publiée en 1884, en langue russe, par Nicolas Sloughinow [1] un dispositif expérimental identique à celui de l'interrupteur Wehnelt. M. de Turine fait d'ailleurs remarquer qu'il signale cette antériorité simplement comme un fait intéressant au point de vue de l'histoire de la science et non comme une réclamation de priorité en faveur du savant russe. Il résulte, en effet, de la lecture de la brochure citée [2] que si Sloughi-

(1) Elektrodititscheskoïe swetschenie [électrolyseluminеuse], par Nicolas Sloughinow, Saint-Pétersbourg, 1884.

(2) Voici le résumé que nous a communiqué M. Vl. de Turin de la partie de cette brochure concernant le dispositif en question.

« Le bain électrolytique dans les recherches de Sloughinow était un simple verre à réaction où plongeaient les électrodes, « ordinairement des fils [verticaux] de platine de 1 mm de diamètre ».

« Comme électrolyte, Sloughinow employait ordinairement « l'acide sulfurique de densité 1,23 et 1,72 » (*loc. cit.*, p. 9).

« Sloughinow eut d'abord recours à l'appareil Wertheim (voir Wertheim, « Ueber die durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Tœne, *Poggend. Annal.*,

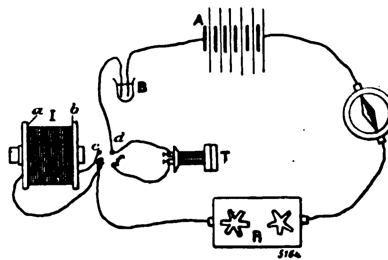


Fig. 1.

LXXVII, 43, (cette citation est empruntée à la brochure de Sloughinow) constitué par « une barre de fer fixée par un endroit et autour de laquelle était enroulé un fil ». (Voir la brochure de S., p. 20 et 21.) Il intercala cet enroulement dans le circuit comprenant le bain électrolytique et alimenté par une batterie galvanique, dont la force électromotrice devait être d'environ 25 à 30 volts, et constata que « quand se produisent les phénomènes lumi-

now réalisa à peu de chose près la disposition adoptée plus tard par M. A. Wehnelt, ce ne fut pas dans le but de substituer l'interrupteur électrolytique à l'interrupteur ordinaire afin d'augmenter la fréquence des interruptions : la bobine d'induction du dispositif de Sloughinow n'avait d'autre rôle que de démontrer les variations périodiques que subit un courant *de grande densité* aux électrodes traversant un bain électrolytique, et de procurer quelques données sur la fréquence et le caractère de ces variations. « En d'autres termes, ajoute M. de Turine, Sloughinow n'utilisait pas le bain électrolytique comme interrupteur pour bobines d'induction ; il utilisait la bobine d'induction comme indicateur de l'intermittence ou du moins l'*ondulance* du courant traversant le bain.

Appareil pour la téléphotographie électrique, par **Arthur Korn**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 454, 22 mai 1901.

Quand on envoie des ondes hertziennes aux électrodes d'un tube à vide, où règne une pression de 0,2 à 2 mm, il s'en échappe des radiations chimiques extraordinairement actives et dont l'intensité est très sensible aux moindres modifications introduites dans le circuit extérieur.

L'auteur a songé à utiliser ces rayons actiniques pour la téléphotographie électrique. Tout revient à transformer dans le transmetteur, l'énergie lumineuse en énergie électrique, et inversement dans le récepteur, le courant en lumière (ou radiations photographiques).

Le transmetteur est basé sur la variation de résistance du sélénium sous l'action d'un faisceau lumineux; le principe du récepteur, imaginé par l'auteur, consiste à dessiner l'image à reproduire au moyen des rayons chimiques dont nous venons de parler, réglés par les courants issus du poste transmetteur, grâce à un dispositif qui permet à ces courants de réduire ou d'accroître l'interruption ménagée sur le circuit des ondes émanant d'une bobine de Tesla.

La figure 1 représente le schéma du montage des deux postes : *a*, bloc de sélénium protégé contre la lumière extérieure par l'entonnoir *b* ; *w*, châssis muni de la plaque photographique qui porte l'image à reproduire ; *y*, source lumineuse (lampe de projection) ; *c*, lentille qui concentre la lumière sur une petite ouverture carrée *d'* pratiquée dans l'écran *d* en avant du châssis. La lumière qui a traversé le châssis *w* est reçue sur une deuxième lentille *e*, au sommet de l'entonnoir, et dispersée sur le bloc de sélénium. En déplaçant le châssis, on éclairera successivement toutes les parties de l'image. Si on ferme le circuit d'une batterie d'accumulateur *f* sur *a*, l'aiguille du galvanomètre *g* sera plus ou moins déviée selon que le sélénium sera plus ou moins éclairé.

L'auteur se sert d'un galvanomètre très sensible, muni d'un système astatique *hh'* suspendu à un fil de cocon *i* par l'intermédiaire d'un bout de caoutchouc *k*. Perpendiculairement et vers le milieu de ce dernier on dispose une aiguille de laiton *l* qui porte à une de ses extrémités un index *l'* ; l'autre extrémité, comme on le verra plus loin, est connectée au circuit du secondaire *t* d'une bobine de Tesla. L'équipement du transmetteur comprend encore une aiguille verticale fixe *m* avec index *m'* en face de *l'* ; l'autre bout de *m* est aussi relié au circuit *t*, qui est ainsi coupé par l'intervalle *l'm'* variable avec les déviations de l'équipage mobile *hh'*.

Les parties essentielles du poste récepteur sont : le tube à vide *n* et un appareil de Tesla.

---

neux ou en général un dégagement bruyant d'un ion la barre émet un ton. Donc l'intensité du courant varie périodiquement » (*ibid*).

« Alors Sloughinow commença « à étudier d'une manière plus complète, l'intermittence du courant. La disposition des appareils est représentée sur la figure 4 » (*ibid*).

[La figure ci-jointe est précisément cette figure 4 de Sloughinow.]

« Le secondaire de la bobine d'induction J était, comme d'ordinaire, en fil fin. Durant l'électrolyse anomale (Sloughinow donne ce nom à l'électrolyse accompagnée de phénomènes lumineux, etc), il devient le siège d'un courant induit qui exerçait une action assez intense sur l'organisme surtout lorsque la bobine contient le fer. En réunissant les bouts [de l'enroulement secondaire] *a* et *b*, on observait une étincelle » (*loc, cit.* p. 21 et 22).

« Quand on substituait à la bobine un téléphone, celui-ci rendait un son ; ce son devenait plus intense si on intercalait le téléphone *et* la bobine parallèlement. En introduisant dans la bobine le fer l'intensité du son augmentait encore (*ibid*). « Pour faire fonctionner le téléphone on peut aussi le relier aux extrémités *a* et *b*... Quand la bobine contient le fer, le son du téléphone est très intense, le téléphone hurle presque » (*ibid.*, p. 22).

« Sloughinow constata en plus, entre autres, que la grandeur de la self-induction du circuit avait une influence considérable sur les effets qu'il étudiait (voir *loc. cit.*, p. 61 et 62) ».

Le pôle *o* du tube est relié par le conducteur *t* à l'aiguille fixe *m*, tandis que l'aiguille mobile *l* est en relation avec l'une des bornes *p* du secondaire d'une bobine de Tesla; l'autre borne *p'* correspond avec une grande capacité (batterie de jarres). Le pôle *o'* est à la terre et constitué par une lame de platine; l'électrode active *o* est

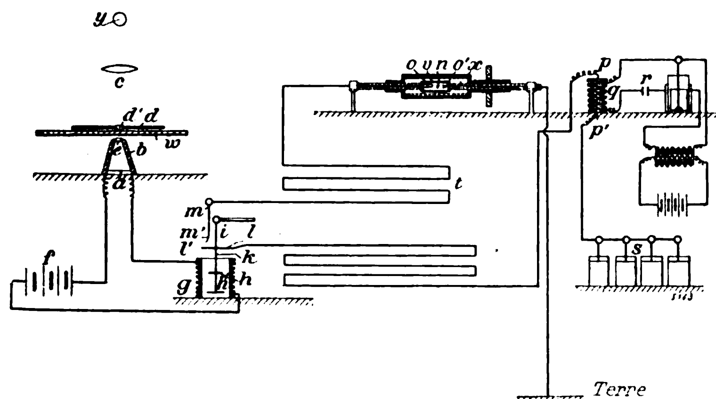


Fig. 1.

un bâtonnet de zinc. On entoure le tube cathodique de papier d'étain, recouvert lui-même d'une feuille de papier noir, sauf une croisée *v* carrée et très petite, pratiquée en regard de l'extrémité du cylindre de zinc. C'est par *v* que s'échapperont les rayons chimiques qui impressionneront la pellicule sensible. Celle-ci tapisse la paroi interne d'un tube concentrique au tube à vide et animé d'un double mouvement de rotation et de translation ainsi que le châssis *w*.

Les mouvements de ces deux pièces sont combinés de telle sorte que chaque carré, découpé dans l'objet, donne une image bien distincte sur la pellicule. Avant chaque expérience, on doit procéder à un nouveau réglage de l'appareil, en agissant successivement sur l'oscillateur du Tesla et sur la distance *l'm'*. Cette mise au point, d'ailleurs très délicate, dépend de la nature de l'épreuve, positive ou négative que l'on désire obtenir. Plaçons-nous dans le premier cas, c'est-à-dire qu'un blanc de la plaque devra se reproduire en blanc sur l'image. Il ne doit pas alors se produire de rayons actifs dans le tube; cette condition sera satisfaite si la distance *l'm'* est assez grande. On dirigera donc le courant dans un sens tel qu'il tende à écarter les deux index quand il augmente, la position d'équilibre du galvanomètre correspondant d'ailleurs à la valeur minima de la distance explosive pour laquelle les radiations seront assez intenses pour impressionner le papier sensible proportionnellement aux tons noirs de l'original.

L'auteur donne les fac-simile de deux épreuves obtenues dans ces conditions. L'objet à reproduire était partagé en 20 tranches de 20 carrés chacune, soit en tout 400 carrés. La petite fenêtre du transmetteur avait 5 mm de côté; celle du récepteur, 2,5 mm. Pour chaque carré, la pose était de 2 secondes.

On pourra certainement abaisser le temps de pose à 1/10 seconde, et réduire les dimensions des ouvertures respectivement à 1 et 0,5 mm. L'appareil ainsi perfectionné donnera des images d'une très grande exactitude. L'auteur signale, en terminant son article, l'application de son récepteur au téléautographe basé soit sur le principe de Bakewell, soit sur le principe de Gray; la seule condition à remplir est un synchronisme absolu entre le récepteur et le transmetteur. T. P.

Production des ondes électriques stationnaires dans les fils au moyen de la décharge des condensateurs, par **F. Braun**. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 199-212, mai 1902.

Il arrive fréquemment qu'on produit des ondes électriques stationnaires dans un circuit ouvert au moyen d'un autre circuit fermé au sens géométrique du mot (systèmes Blondlot et même de Lecher).

M. Braun a indiqué deux modes d'application de ce dispositif à la télégraphie sans fil.

1. On fait agir par induction le circuit fermé par lequel se décharge le condensateur sur le circuit d'émission, formé d'un conducteur de grande longueur, rectiligne et ne présentant pas d'intervalle explosif.

2. Le transmetteur est relié métalliquement à un point du circuit du condensateur.

3. On peut combiner de différentes manières ces deux dispositifs fondamentaux en associant plusieurs circuits, soit en série, soit en dérivation.

Au fond, toutes ces dispositions ont des propriétés communes et on peut résumer les con-

ditions dans lesquelles elles fonctionnent, de la manière suivante :

Les oscillations dans le circuit du condensateur sont peu amorties et par suite ce circuit constitue en quelque sorte un réservoir d'énergie. Le circuit ouvert du transmetteur rayonne l'énergie : il présente par suite un amortissement considérable, mais il emprunte l'énergie au circuit fermé. Il se produit bien une dissipation d'énergie sous forme de chaleur dans l'étincelle, mais il est possible de la réduire en employant des condensateurs de grande capacité. Cette étincelle est, du reste, la seule dans l'ensemble, ce qui donne un sérieux avantage à ce dispositif sur les autres.

L'auteur étudie théoriquement le système à liaison directe.

Au début, dans les expériences de Marconi, l'un des points du circuit fermé était relié au transmetteur (antenne), l'autre au sol. C'est là un cas particulier et compliqué. On supposera donc qu'en deux points A, B du circuit des condensateurs sont attachés deux file dont les extrémités peuvent être isolées toutes deux ou l'une isolée et l'autre reliée au sol (fig. 1).

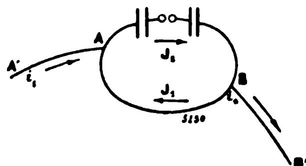


Fig. 1.

Dans le circuit fermé, les courants peuvent prendre un régime quasi stationnaire, c'est-à-dire que l'on peut regarder l'intensité comme étant la même à chaque instant en tous les points, sa valeur étant fonction du temps seulement. Mais en général, il n'en saurait être ainsi dans le circuit ouvert.

Aux points d'attache A et B, l'état électrique est défini par les équations :

$$\Sigma i = \gamma_0 \frac{dV}{dt}; \tag{1}$$

Σi représente la somme des courants qui passent dans les fils aboutissant aux points A et B, γ_0 la capacité en ces points, V le potentiel et t le temps. S'il n'y a pas de capacité reliée intentionnellement aux points de dérivation, $\gamma_0 = 0$. Dans ce cas, si J_1 et J_2 doivent être stationnaires, il s'ensuit que :

$$(i_1)_A = -(i_2)_B;$$

en d'autres termes, l'intensité i_1 du courant qui entre en A dans le circuit du condensateur est égale à celle i_2 du courant qui sort en B de ce même circuit.

Cette condition est visiblement satisfaite quand le circuit est symétrique. Si i_1 et i_2 ont même période et même phase que J, l'état du circuit fermé n'est pas autrement modifié que si le circuit ouvert était fermé à l'extérieur et parcouru par un courant dérivé quasi stationnaire.

Du moment que i_1 et i_2 ne sont pas égaux entre eux, il faut que :

$$J_{2,A} - J_{2,B} \lessgtr J_{1,A} - J_{1,B}.$$

Le courant dans le circuit fermé n'est plus quasi stationnaire. Mais on peut avoir encore $(i_1)_A = -(i_2)_B$: le cas le plus simple (mais non le seul), c'est qu'on introduise un courant quasi stationnaire dans les deux branches ou dans l'une d'elles, et que l'ensemble fasse $(i_1)_A$. Alors i_2 s'annule nécessairement avec i_1. Si donc on veut avoir un courant dans un appendice, il en faut forcément un deuxième. S'il y a deux appendices symétriques et qu'on intercale dans l'un une corde mouillée, l'intensité devient pratiquement nulle dans les deux.

Soit x l'abscisse d'un point de l'appendice comptée le long de l'axe du conducteur, l la longueur totale, V le potentiel ; d'après l'équation de Kirchhoff, on a pour $0 < x < l$:

$$a^2 \frac{d^2V}{dx^2} = \frac{d^2V}{dt^2} + \varepsilon \frac{dV}{dt}. \tag{2}$$

Les conditions aux limites sont :

pour $x = 0$

$$\frac{dV}{dx} = 0 \tag{3}$$

pour $x = l$

$$V = A \cos 2n\pi t = A \cos \nu t, \tag{4}$$

en supposant nul l'amortissement dans le circuit des condensateurs. Une solution de cette équation est

$$\left\{\begin{aligned} V = M\,[&\cos \nu\,(t-\tau) \cos \chi x\,(e^{\chi x} + e^{-\chi x}) \\ &- \sin \nu\,(t-\tau) \sin \chi x\,(e^{\chi x} - e^{-\chi x})]. \end{aligned}\right. \tag{5}$$

en posant :

$$a^2(\chi^2-\beta^2)=\nu^2 \qquad 2a\chi\beta=\varepsilon\nu \tag{6}$$

ou approximativement :

$$\chi=\frac{2\pi}{\lambda} \qquad \beta=\frac{\varepsilon}{2a} \tag{7}$$

λ étant la longueur d'onde qui correspond à la vitesse de propagation a.

En choisissant convenablement l'origine des temps et tenant compte des conditions aux limites, on trouve :

$$\begin{cases} A=M\sqrt{e^{2\beta l}+e^{-2\beta l}+2\cos 2\chi l} \\ \operatorname{tg}\nu\tau=\operatorname{tg}\chi l\dfrac{e^{\beta l}-e^{-\beta l}}{e^{\beta l}+e^{-\beta l}}=\operatorname{tg}\chi l.\operatorname{tgh}(\beta l) \end{cases}$$

Finalement, on peut mettre V sous la forme :

$$V=X\cos\nu(t-\tau+\xi), \tag{8}$$

où

$$X=M\sqrt{e^{2\beta x}+e^{-2\beta x}+2\cos 2\chi x}$$

$$\operatorname{tg}\nu\xi=\operatorname{tg}\chi x\frac{e^{\beta x}+e^{-\beta x}}{e^{\beta x}+e^{-\beta x}}=\operatorname{tg}\chi x\operatorname{tgh}(\beta x).$$

L'équation (8) représente une oscillation forcée de même période que l'oscillation du circuit des condensateurs. Il y a entre les deux oscillations une différence de phase τ qui dépend de l'abscisse. Pour $l=\frac{\lambda}{4}$, on a $\tau=\frac{T}{4}$.

Pour obtenir l'intégrale générale de l'équation (2), il faudrait ajouter à la solution (5) une fonction u qui vérifiât les équations de condition (2), (3) et (4). On aurait une infinité de solutions particulières parmi lesquelles il faudrait choisir celles qui satisfont aux conditions initiales : on trouverait, entre autres, les oscillations propres de l'appendice. Les oscillations forcées sont affectées de l'amortissement des oscillations de l'excitateur, les oscillations propres de l'amortissement que posséderait le système oscillant librement ; le régime stationnaire serait donc représenté par l'équation (8).

Même si les oscillations primaires sont amorties, pourvu que l'amortissement soit faible vis-à-vis de l'appendice, cette équation sera encore valable pour représenter l'allure essentielle du phénomène.

Ces déductions théoriques se vérifient par l'expérience [1].

[1] Le circuit principal renfermait deux bouteilles de Leyde, chacune d'une capacité moyenne de 1 800 cm $=2.10^{-3}$ microfarads, fermé sur un cercle en cuivre de 8 mm, ayant 40 cm de diamètre (self-induction $=10^{-6}$ henry). La longueur d'onde calculée est de 60 m. En fait, la résonance avait lieu quand la longueur des appendices était de 15 m $=\frac{\lambda}{4}$. L'accord est d'autant plus remarquable qu'il est impossible de tenir compte dans le calcul de toutes les parties du circuit, en particulier de la self-induction des armatures des bobines.

Pour avoir une idée de la manière dont varie l'intensité des oscillations dans le circuit ouvert avec la position des points A et B sur le circuit fermé, on intercale sur le trajet des fils un thermomètre de Riess (fig. 2). Les extrémités des fils aboutissent aux boules d'un exploseur A′, B′.

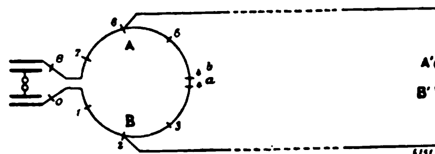


Fig. 2.

Points de dérivation.		Indication du thermomètre.	Longueur d'étincelle en A′B′.
0	8	81,5	30 mm
1	7	80,5	28
2	6	80,0	22,5
3	5	50,0	12,5
4a	4b	0	1

Si les appendices au lieu d'être symétriques ont des longueurs respectivement égales à $\frac{\lambda}{4}$ et à $\frac{3\lambda}{4}$. L'intensité des oscillations dans les appendices dépend aussi de l'excitation [1].

[1] Dans la figure 3, $\beta_1\beta_2$ et $\alpha_1\alpha_2$ représentent des fils de cuivre de 3 mm de diamètre, écartés l'un de l'autre de 43 cm ; $\gamma\gamma$ est un fil mobile sur les deux premiers, il y a résonance quand $\gamma\beta_1=18$ cm.

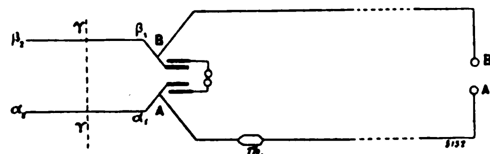


Fig. 3.

Distance $\gamma\beta_1$	Indication du thermomètre.	Longueur de l'étincelle en AB′
4×18 cm	64	21,5 mm
3×18	65	22,5
2×18	68	26
2×18	82	28
$\frac{1}{2}\times 18$	79	28 environ.

Pour déterminer le sens du courant, on intercale sur chacun des conducteurs quelques spires d'un fil isolé qu'on fait agir par induction sur une autre petite bobine. Les extrémités de ces deux bobines induites sont reliées entre elles d'une part, et d'autre part aux boules d'un exploseur. Les étincelles ne disparaissent pas complètement quand les bobines sont en opposition : mais la différence avec les étincelles observées, quand on intervertit la liaison, est si grande qu'il ne saurait subsister de doutes sur le sens du courant.

Les courants quasi stationnaires se partagent entre deux dérivations en raison inverse des self-inductions, si la fréquence est élevée et la résistance faible. Si la longueur du circuit est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde, les courants ne peuvent plus être quasi stationnaires et la self-induction de la dérivation prise dans son ensemble, perd sa signification. Aussi il se produit alors des phénomènes qui paraissent, au premier abord, tout à fait paradoxaux.

Capacité équivalente à une certaine longueur de fil. — On peut, sans changer les phénomènes dans le circuit principal, remplacer l'un des appendices en tout ou partie par une capacité de grandeur convenable [1].

[1] Supposons que l'appendice AA' ait une longueur égale à $\frac{\lambda}{4}$; sur BB' à une distance x_1 du ventre de vibration, on coupe le fil et on le remplace par une capacité γ_1 et on veut ne rien changer à l'état oscillatoire. Si i_1 et V_1 sont l'intensité et le potentiel au point x_1,

$$i_1 = i_0 \cos 2\pi \frac{x_1}{\lambda} \sin 2n\pi t = \gamma_1 \frac{dV_1}{dt}$$

$$V_1 = V_0 \sin 2\pi \frac{x_1}{\lambda} \cos 2n\pi t.$$

Désignons par c la capacité de l'unité de longueur du conducteur ; on a toujours

$$-\frac{di}{dx} = c\frac{dV}{dt}$$

et par suite :

$$V_0 = -\frac{i_0}{nc\lambda}$$

On déduit de ces conditions :

$$\operatorname{tg} 2\pi \frac{x_1}{\lambda} = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{c}{\gamma_1}$$

On pourrait encore déterminer γ_1 de manière à satisfaire à d'autres conditions, par exemple maintenir l'intensité constante, mais augmenter le potentiel, etc.

Prises de terre. — Une prise de terre joue un rôle analogue à celui d'une capacité. Ce terme général de « terre » est assez mal défini et correspond à des conditions expérimentales très variables, suivant la grandeur des plaques et le degré de conductibilité du sol.

Les expériences ne permettent pas de décider si la prise de terre permet d'obtenir dans l'antenne une intensité de courant plus grande qu'un appendice symétrique de l'antenne : M. Braun a observé à diverses reprises un effet nettement opposé.

Il ne pense pas non plus que dans le circuit à double prise de terre, comme l'a proposé M. Slaby, on obtienne dans le fil seulement les oscillations propres de celui-ci. Les oscillations forcées, de même période que celles du circuit principalement, y sont toujours très marquées. M. Zenneck a observé, d'ailleurs, que dans les conditions de résonance, la présence des appendices abaisse notablement la fréquence dans le circuit principal.

Si les oscillations dans l'antenne étaient provoquées par les ébranlements dus aux étincelles, comme le pense M. Slaby, les dispositifs 4_b, 4_c,

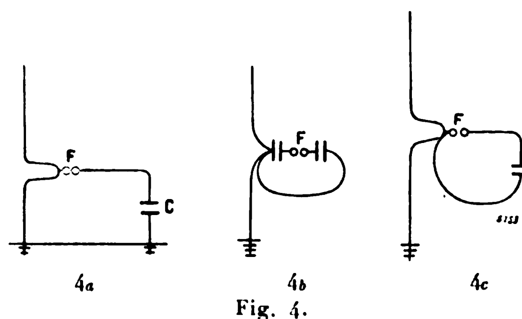


Fig. 4.

donneraient d'aussi bons résultats que celui de M. Slaby 4_a (fig. 4). Or, en réalité, les oscillations y sont pratiquement nulles.

La double mise à la terre ne paraît avoir d'avantage et, en fait, est abandonnée dans la pratique. Ce qui, dans le dispositif de Slaby, paraît jouer le rôle important, c'est la portion du circuit du condensateur comprise entre l'antenne et la terre : plus elle est grande, plus sont intenses les oscillations dans la première.

M. Lamotte.

Le Gérant : C. Naud.

Tome XXXII. Samedi 30 août 1902. 9e Année. — N° 35.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

CONGRÈS DE MONTAUBAN

DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Dans le précédent numéro de cette revue, nous avons donné le compte rendu des deux séances générales du Congrès consacrées à la traction électrique; dans celui-ci nous analyserons quelques-unes des communications présentées aux sections de Mécanique, du Génie civil et de Physique. Toutefois, auparavant, nous parlerons des

Accumulateurs « Aigle » pour automobiles, sur lesquels **M. Lavezzari** a fourni, incidemment à propos de sa communication sur les « Voitures électromobiles » les quelques indications suivantes :

Les plaques de ces accumulateurs sont deux types : le type J et le type Ca.

Plaques type J. — Ces plaques, de forme rectangulaire, ont 198 mm de hauteur, 85 mm de largeur, 3 mm d'épaisseur. Elles forment un quadrillage à 12 alvéoles rectangulaires, chaque alvéole étant elle-même divisée en trois par de petites barrettes destinées à maintenir la matière active qui y est logée. Celle-ci est introduite à l'état de poudre sèche par la presse hydraulique et se trouve solidement fixée au cadre par une ingénieuse disposition de crochets.

La pesée des plaques de ce type, coupées au ras de l'attache, et encore humides a donné les résultats suivants :

	Plaque positive.	Plaque négative.
Poids du grillage.	170 gr	170 gr
Poids de la matière active . .	160	185
Poids total.	330 gr	355 gr

Les connexions entre les plaques, qui sont fixées à celles-ci par soudure autogène, pèsent 540 gr pour un élément du type J_{14}, c'est-à-dire ayant 14 plaques positives et 15 négatives.

La séparation entre les plaques est obtenue par des feuilles en ébonite perforée munies de nervures verticales sur les deux faces; chaque feuille pèse 12 gr.

Le bac renfermant l'élément type J_{14}, pèse, avec son couvercle à double épaisseur et son support 1,350 kg. Le poids de l'acide étendu renfermé dans le bac est de 2 kg.

Le poids total d'un élément J_{14} se trouve ainsi être de 14,171 kg, dont : 3,350 kg pour l'acide et le bac ; 0,336 kg pour les 28 feuilles de séparation; 4,620 kg pour les 14 plaques positives et 5,325 kg pour les quinze plaques négatives.

A la décharge normale (régime de 40 ampères) la différence de potentiel utile moyenne de l'élément est de 1,9 volt et la capacité de 170 ampères-heure. La puissance est donc de $40 \times 1,9 = 76$ watts et l'énergie disponible de $170 \times 1,9 = 323$ watts-heure.

Les constantes spécifiques de l'élément sont donc les suivantes :

	Par kg de poids total.	Par kg d'électrodes.
Débit en ampères	40 : 14,17 = 2,8	40 : 9,94 = 4
Puissance en watts	76 : 14,17 = 5,3	76 : 9,94 = 7,6
Capacité en ampères-heure	170 : 14,17 = 12,0	170 : 9,94 = 17,0
Energie en watts-heure	323 : 14,17 = 22,6	323 : 9,94 = 32,5

Les dimensions, poids et capacités (pour la décharge en cinq heures) des éléments à plaques de ce type sont :

Eléments	J_8	J_9	J_{10}	J_{12}	J_{14}
Longueur	121 mm	138 mm	160 mm	180 mm	217 mm
Largeur	96 »	96 »	96 »	96,5 »	99 »
Hauteur	270 »	270 »	270 »	270 »	270 »
Poids	8,20 kg	9,40 kg	10,80 kg	12,5 kg	14,17 kg
Capacité (en 5 heures)	95 a.-h.	105 a.-h.	120 a.-h.	145 a.-h.	175 a.-h.

Plaques type Ca. — Ce sont des plaques rectangulaires de 194 mm de hauteur, 108 mm de largeur et 3,5 mm d'épaisseur, formant un quadrillage à 28 alvéoles quadrangulaires. Elles sont plus lourdes que les précédentes par suite de leur plus grande épaisseur et du plus grand nombre d'alvéoles. Mais elles ont une plus longue durée, ce qui doit être attribué d'une part au fait que, les alvéoles étant plus petits, la matière active est mieux retenue, et d'autre part à ce que la forme des alvéoles permet une égale dilatation dans chaque sens.

Les poids respectifs de grillage et de matière active sont :

	Plaque positive.	Plaque négative.
Poids du grillage	238 gr	238 gr
Poids de matière active	192	257
Poids total	430 gr	495 gr

Le poids total d'un élément à 11 plaques positives et 12 plaques négatives est de 14,730 kg, se décomposant ainsi : 3,140 kg pour le bac, son couvercle, son support et l'acide; 0,330 kg pour les 22 séparateurs pesant 15 gr chacun; 0,590 kg pour les deux barres de connexions; 4,730 kg pour les 11 plaques positives et 5,940 kg pour les 12 plaques négatives.

A la décharge normale (régime de 40 ampères) la différence de potentiel utile moyenne

de l'élément est de 1,9 volt et la capacité de 160 ampères-heure. La puissance est par suite $40 \times 1,9 = 76$ watts et l'énergie disponible de $160 \times 1,9 = 304$ watts-heure.

Rapportés au kilogramme d'élément, le débit est de $40 : 14,73 = 2,7$ ampères, la puissance de 5,1 watts, la capacité de 10,9 ampères-heure, l'énergie disponible de 20,6 watts-heure.

Les dimensions extérieures d'un élément à 11 plaques positives sont : longueur 114 mm, largeur 160 mm, hauteur 270 mm.

Passant maintenant aux communications présentées aux

SECTIONS DE MÉCANIQUE, DU GÉNIE CIVIL [1]

nous ne ferons que signaler les communications de M. **Cruvelhier** sur la ***Traction électrique*** et de M. **R. Koechlin** sur la ***Traction sur routes par le système Lombard Gerin,*** présentées également aux séances générales consacrées à la Traction électrique et dont nous avons parlé dans le précédent numéro; celle de M. **Juppont** intitulée ***Réflexions sur le rapport de M. Monmerqué*** dont nous n'avons pu avoir connaissance; celle de M. **Casalonga** sur l'***Application des plates-formes roulantes à Paris*** dans laquelle l'auteur se borne à reprendre une proposition qu'il a déjà faite à la Société des Ingénieurs civils de France, à savoir : établir une double plate-forme roulante circulant au-dessous de l'avenue de l'Opéra, les grands boulevards, le boulevard Sébastopol, les rues de Turbigo et de Rivoli; enfin une communication, de M. **Casalonga** également, sur le ***Calcul du rendement des moteurs thermiques*** dans laquelle l'auteur, avec une désespérante ténacité, réédite des considérations inexactes sur le principe de Carnot déjà exposées à chacun des cinq ou six derniers Congrès et même à l'Académie des Sciences où elles ont été réfutées comme il convient.

Parmi les autres communications qu'il nous reste à analyser, nous parlerons en premier de celle sur :

La traction mécanique des marchandises sur les voies ferrées urbaines, par **F. Druart** et **P. Le Roy**.

question que les auteurs ont complètement étudiée.

A ce propos, ils ont déposé au Congrès deux brochures très intéressantes, l'une montrant les avantages que les particuliers ainsi que les grandes Compagnies de chemin de fer peuvent retirer de ce mode de transport des marchandises, l'autre indiquant les applications déjà réalisées en Allemagne. En outre, ils ont fait connaître comment ils se proposaient de résoudre la question à Reims au moyen de transporteurs-locomoteurs électriques de leur invention.

Avant de faire connaître à nos lecteurs le contenu de ces mémoires et de leur donner la description des transporteurs-locomoteurs Druart et Le Roy, il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que le problème du transport des marchandises par les tramways urbains peut être envisagé à plusieurs points de vue et qu'il comporte plusieurs solutions suivant les conditions locales.

[1] La section de Mécanique, réunie avec celle de Mathématiques et d'Astronomie, était présidée par M. BAILLAUD, directeur de l'Observatoire de Toulouse; son secrétaire était M. LIBERT. Le bureau de la section du Génie civil et militaire, réunie à celle de Navigation, était constitué comme il suit : M. FONTÈS, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, à Toulouse, président; M. PETITON, vice-président: M. le commandant DELAVAL, secrétaire.

On peut, en effet, se proposer simplement d'assurer le service des petits colis, tels que les colis postaux et les marchandises de grande vitesse peu encombrantes, ou bien vouloir étendre le service aux marchandises de toute sorte amenées ou emportées par les grandes voies ferrées.

Dans le premier cas, l'organisation est en quelque sorte autonome ; elle est des plus faciles à réaliser si le réseau urbain appartient à une seule compagnie et elle n'exige qu'une entente entre les diverses compagnies de tramways dans le cas où le réseau appartient à plusieurs concessionnaires. Il suffirait, en effet, dans ce cas, ou d'aménager un compartiment pour colis dans les voitures à voyageurs ou d'atteler des fourgons aux voitures automotrices pour effectuer le transport de ces colis ; le dépôt de ceux-ci s'effectuerait par le public, directement ou par l'intermédiaire des commissionnaires, dans de nombreux bureaux de quartier ; les colis expédiés hors de la ville seraient conduits par le tramway, à l'aide d'un raccordement, à la gare correspondante ; quant à la livraison elle s'effectuerait dans les bureaux de dépôt de quartier. Ce système est appliqué depuis plusieurs années dans des villes des États-Unis et il est très apprécié et du public, qui y trouve sa commodité, et des Compagnies de tramways qui, malgré la modicité des tarifs de transport, en retirent un bénéfice appréciable. Aussi avons-nous, à plusieurs reprises, exprimé dans ce journal notre étonnement de ne pas voir ce système appliqué à Paris où il faut généralement faire un long trajet pour trouver un bureau de dépôt, d'où, moyennant une rétribution assez élevé (0,25 fr pour un colis postal de 0,60 fr) les colis sont transportés aux gares. D'ailleurs, son application n'aurait pas seulement pour conséquence de rendre plus commode l'envoi des colis ; elle diminuerait encore l'encombrement de nos rues en supprimant bon nombre de camions servant à transporter les colis aux gares. On pourrait d'ailleurs l'étendre au transport de marchandises spéciales, telles que les denrées alimentaires, devant être amenées en grande quantité en un même endroit ; un service de ce genre est déjà organisé sur certaines lignes parisiennes pour amener aux Halles centrales les denrées alimentaires de la banlieue ; il conviendrait de le développer.

Dans le cas où l'on veut transporter sur les voies urbaines non seulement les petits colis mais encore les marchandises de grande et petite vitesse amenées par les chemins de fer — et c'est le cas qu'envisagent MM. Druart et Le Roy — le problème est plus difficile à résoudre et les conditions dépendent alors des conditions locales. Tout d'abord les destinataires ne pourront être que des industriels ou commerçants importants pouvant relier leurs usines ou magasin au réseau de tramways urbains. Si ce réseau est à voie normale (écartement de rails 1,44 m) et construit solidement comme le sont aujourd'hui les réseaux à traction mécanique, les wagons à marchandises ordinaires pourront, avec certaines formes de rails, passer directement sur le réseau urbain, remorqués par un tracteur électrique si la ligne est équipée électriquement. Mais le plus souvent les ornières des rails du réseau urbain ne sont pas suffisamment profondes pour les boudins des roues des wagons à marchandises et en somme cette solution simple reste exceptionnelle. Il faut donc prévoir ou un transbordement des marchandises des wagons de grandes lignes sur des wagons spéciaux des réseaux urbains, ou encore le transport des wagons ordinaires sur des trucks transporteurs, analogues aux trucks transbordeurs utilisés couramment aujourd'hui dans les gares, au lieu des plaques tournantes, pour faire passer les wagons d'une voie sur une voie parallèle. La première de ces solutions est évidemment applicable quelle que soit l'écartement des rails des voies urbaines, mais elle entraîne des frais de manutention considérables qu'il serait utile de supprimer. La seconde, qui n'a pas cet inconvénient,

est aussi, théoriquement du moins, utilisable aussi bien sur les réseaux à voie large que sur ceux à voie étroite ; toutefois, en pratique, il semble que ces derniers s'accommodent mieux que les premiers à l'exploitation par trucks transporteurs, d'une part par le fait que les roues de ces trucks étant moins écartées que celles des wagons qu'ils doivent transporter la construction de ces trucks est rendue plus commode, d'autre part par la facilité avec laquelle les trucks à faible écartement peuvent franchir les courbes brusques des réseaux urbains.

Après ces préliminaires, un peu longs sans doute, revenons aux mémoire et communications de MM. Druart et Leroy.

I. La traction mécanique des marchandises en Allemagne. — Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire textuellement ce mémoire :

Considérations générales. — L'une des conséquences les plus immédiates de l'essor pris depuis quelques années par l'industrie allemande a été de modifier et d'améliorer ses moyens de transport.

Des esprits judicieux et désireux de progresser ont compris que cette question a une importance toute spéciale.

En effet, toute économie réalisée par le fait de perfectionnement dans les procédés de transport se renouvelle quotidiennement ; elle est indépendante de l'état des affaires et de leurs fluctuations. Quelles que soient les occupations et les préoccupations de l'intelligence qui préside aux destinées de l'usine, ou de la maison de commerce, que le Directeur soit absent, malade, ou absorbé par des études techniques, par des installations nouvelles, ou par un incident quelconque, l'économie réalisée court toujours et se fait sentir sur les matières qu'amène la voie ferrée, comme sur les produits qu'elle emporte.

D'une manière générale, on peut dire que dans bon nombre de grandes villes allemandes on utilise les voies ferrées urbaines pour aider au transport des marchandises.

En Alsace, en Bavière, en Westphalie, ainsi que dans plusieurs villes de Saxe et de Brandebourg, on en peut voir des applications plus ou moins étendues.

Mais les installations les plus sérieuses faites dans cet ordre d'idées, les types d'organisation à étudier se rencontrent à Mulhouse, à Forst dans la basse Lausitz et à Meissen en Saxe.

Réseau de Mulhouse. — L'objectif qu'on s'est proposé, avant tout, en organisant la traction des marchandises à Mulhouse, a été de répartir dans les différents quartiers de la ville les charbons provenant de Westphalie et amenés par voie d'eau.

Les matières premières nécessaires à l'industrie de la ville consistent surtout en balles de laine et coton, arrivant par voie ferrée, dont le transbordement est chose facile.

Aussi, après quelques essais relatifs à l'emploi des trucks transporteurs, on n'a pas cru devoir chercher à résoudre les difficultés qu'on rencontrait pour les faire circuler dans certaines rues étroites, et on s'est borné au transport des marchandises sur des wagons analogues à ceux qu'emploient en France les nombreuses Compagnies de Chemins de fer à voie d'un mètre.

Toutefois, en raison des courbes de très faible rayon qu'il a fallu admettre sur plusieurs points, on a dû recourir à quelques artifices spéciaux, tant pour les locomotives que pour l'attelage des wagons ; on a, de plus, soin de graisser les rails dans les courbes les plus réduites, pour y faciliter le passage des véhicules.

Le réseau à voie étroite de Mulhouse est pourvu d'une suture au réseau ferré de la Com-

pagnie des Chemins de fer d'Alsace-Lorraine et de deux au réseau navigable; le développement des installations où s'effectue le transbordement est considérable.

Les trains qui distribuent les matières premières aux établissements raccordés à la voie étroite empruntent presque tous la voie des tramways électriques urbains dans la principale artère de la ville (faubourg de Colmar); les uns suivent cette ligne sur une longueur de 2 à 3 km dans la direction de Pfastatt; d'autres la quittent presqu'aussitôt pour s'engager sur la voie qui conduit à Dornach, ou dans la rue Lavoisier; mais par une heureuse disposition, ils attendent, sur un tronçon réservé dans la rue Franklin, le passage d'une voiture de tramway et s'engagent derrière celle-ci, en se tenant à une distance convenable pour éviter les coups de tampon.

D'autres enfin traversent toute la ville pour se diriger vers le sud.

Le développement du réseau affecté aux tramways électriques et emprunté par les trains de marchandises est de 10 km.

Le tonnage annuel est d'environ 200 000 tonnes, dont 70 000 en charbons.

Les wagons portent de 5 tonnes à 7,5 tonnes et les trains sont de cinq wagons en moyenne.

C'est dire qu'il passe quotidiennement en ville 25 trains environ de wagons chargés et presque autant de wagons vides.

La circulation n'en est nullement incommodée; loin de là; ces trains, quoique marchant à une allure très modérée, n'occupent que fort peu de temps la chaussée en un point déterminé, et on ne peut s'empêcher de remarquer, au premier coup d'œil, l'aisance qui règne dans les rues les plus fréquentées de cette grande cité industrielle.

Chaque train représente le chargement de 15 à 20 camions ou tombereaux, et il encombre la rue moins longtemps qu'un seul de ces véhicules; il est facile d'apprécier les avantages qui en découlent.

Ce réseau donne satisfaction à des intérêts fort divers et dessert aussi bien des établissements très importants, comme l'usine à gaz, ou la maison Schlumberger fils et Cie, que des installations des plus modestes, comme celle d'un négociant en charbons de la Graue-Gasse, à l'entrée de la rue Lavoisier.

La critique la plus sérieuse qu'on puisse faire à l'organisation de Mulhouse serait plutôt un éloge, en ce sens que, en voulant mettre sur pied une entreprise d'utilité publique, on a peut-être un peu trop favorisé les établissements pourvus de raccordement, c'est-à-dire l'ensemble de l'industrie en général; de plus, il n'a pas été fait de distinction, *ad valorem*, entre les diverses marchandises; elles sont taxées à un prix uniforme. C'est une pratique généralement admise en Allemagne, contrairement au principe appliqué partout en France.

Réseau de Forst. — Les caractéristiques de l'installation de Forst sont l'emploi de trucks-transporteurs et l'affectation exclusive du réseau actuel au service des marchandises.

Le trafic annuel est considérable et atteint 16 000 wagons de 10 tonnes; comme à Mulhouse, il se compose en grande partie de charbons.

Les raccordements industriels au réseau sont au nombre de 73; le chiffre des établissements qui en profitent est plus élevé et atteint 190; cette particularité provient de ce qu'on a bâti peu à peu de nouvelles usines à proximité de chacun de ces embranchements particuliers.

Ces établissements se répartissent comme suit :

Fabriques de draps	122	Syndicats de consommation	2	Tuilerie	1
Filatures	13	Moulin à scories Thomas	1	Commerce de bois	1
Fouleries	12	Fabrique de couleurs	1	Fabrique de colle	1
Apprêteurs	6	Gaz (usine à)	1	Fabrique de fil	1
Fabriques de machines	6	Négociant en laine	1	Fonderie	1
Moulins à huile	2	Abattoir	1	Entrepreneur de couverture	1
Moulins à farine	2	Dépôt de fil	1	Fabrique de poêles	1
Brasseries	2	Lavoir	1	Tannerie	1
Marchands	2	Atelier de charpentes	1		

Cette énumération suffit pour montrer que l'installation faite à Forst est de beaucoup la plus importante de celles qui sont affectées au transport des marchandises en Allemagne. Le réseau a été créé par la *Localbahn Actiengesellschaft*, dont le siège est à Munich. C'est à la demande des industriels de Forst que cette Société s'est intéressée ainsi à nne entreprise de nature toute spéciale, qui a complètement modifié l'aspect de la ville et amené, sans transbordement, le charbon dans les cours des fabriques et, quelquefois, jusque dans les soutes.

Les résultats en sont nettement appréciés par le compte rendu municipal de la ville de Forst, qui, en 1896, s'exprimait ainsi :

« Déjà le précédent rapport administratif pouvait affirmer que le nouveau système de « chemins de fer de la ville de Forst a fait ses preuves et *qu'il fonctionne à la satisfaction* « *de tous ceux qui ont un raccordement.* »

Service des marchandises à Meissen. — Les progrès qui ont permis d'employer l'énergie électrique à la traction des voitures à voyageurs devaient, tôt ou tard, avoir pour conséquence d'en permettre aussi l'application au transport des marchandises.

Au premier abord, ces deux questions ne paraissent pas constituer un problème du même ordre.

Les uns exigent des trains légers, à grande allure ; les autres, des trains plus lourds, à faible vitesse ; il semble que les seconds peuvent gêner les premiers.

Ces difficultés ne sont pas des obstacles insurmontables.

Le réseau affecté aux marchandises peut différer du réseau-voyageurs et n'emprunter qu'une fraction de ce dernier.

Les trains qui porteront le charbon et les matières premières dans les grands établissements industriels devront évidemment avoir pour point de départ une gare de triage contiguë à la gare aux marchandises de la voie normale ; de là, une voie étroite spéciale peut les amener sur la ligne périphérique posée sur les boulevards extérieurs qu'on rencontre dans presque toutes les grandes villes. Cette dernière est généralement aménagée sur des chaussées larges et bordées d'allées pour les piétons ; souvent, l'accès en sera possible aux trains lourds ; ils la suivront pour contourner la partie centrale de l'agglomération et quitteront ces boulevards pour pénétrer dans les faubourgs en empruntant alors les voies de tramways sur une fraction plus ou moins considérable.

La pensée d'utiliser une source d'énergie électrique, lorsqu'on la possède, ne fait que faciliter la solution de la question.

Une station motrice pour voyageurs constitue un outil en quelque sorte disproportionné au travail qu'il doit effectuer. Au lieu d'être, comme d'ordinaire un moteur d'usine, calculées d'après un travail régulier à produire, quitte à donner un coup de collier s'il en est besoin, les machines d'une station de tramways sont aujourd'hui, à la suite de divers congrès et après examen sérieux, établies de manière à pouvoir fournir un effort total bien supérieur à celui qu'on leur demande aux heures de circulation la plus intense.

Ce maximum se produit les dimanches et jours fériés; grâce à la réserve d'énergie qu'on se ménage, on y peut parer, même en cas d'avarie de machine.

Mais cette réserve est, comme on le voit, inutilisée en semaine, *et l'adoption de la traction électrique pour les marchandises aurait l'avantage d'en assurer l'emploi.*

C'est ce raisonnement fort simple qu'a voulu appliquer à Meissen la Compagnie d'électricité l'*Union*.

L'installation qu'elle a créée pour effectuer simultanément le transport des voyageurs et celui des marchandises est très bien étudiée et d'une remarquable simplicité.

Le système adopté est le trôlet (ou trolley) ; les machines, analogues comme forme extérieure, à celles de la Compagnie d'Orléans dans Paris, reposent sur deux bogies, pourvus chacun de deux moteurs de 25 chevaux environ. Les trucks-transporteurs sont munis de frein.

Cette organisation paraît donner toute satisfaction.

Le seul perfectionnement sérieux qu'on puisse envisager est la suppression du poids mort dans les moteurs; on est en droit de chercher à l'obtenir puisqu'il n'est plus besoin de la lourde et encombrante chaudière qui donne, en grande partie, l'adhérence aux locomotives à vapeur. Le jour où fonctionnera, dans de bonnes conditions, un transporteur-moteur, on aura évidemment réalisé un nouveau progrès.

Conclusions. — Quels sont les enseignements à retirer des installations de Mulhouse, Forst et Meissen, et d'une manière générale, des installations faites par nos voisins ?

C'est, d'une part, que la voie étroite, pour une organisation *urbaine*, est supérieure à la voie large. La voie étroite (c'est-à-dire l'ensemble de la voie et de son matériel), est sensiblement plus souple; on peut voir à Meissen un établissement recevant les grands wagons, à la fois, par la voie large et par la voie étroite; cette dernière leur permet de passer par des courbes de 20 et même 15 m de rayon; elle est moins coûteuse d'installation, puisqu'elle occasionne une moindre dépense d'établissement et d'entretien de la chaussée; de plus, et c'est là le point capital, *seule* elle permet d'effectuer les transports soit avec des wagons spéciaux, soit avec les *wagons d'origine* contenant les arrivages, c'est-à-dire *sans transbordement.*

Cette dernière opération est assez onéreuse pour un bon nombre de marchandises; elle entraîne souvent une dépréciation importante.

A titre d'exemple, on peut citer les charbons triès, pour foyer domestique, qui, même manipulés avec soin, perdent au minimum 5 p. 100, soit 15 à 20 fr par wagon. Les charbons industriels, quoique non triés, subissent également une perte sensible.

On en citerait aisément beaucoup d'autres. Tous les produits fragiles, ou d'un paquetage délicat, toutes les marchandises qui peuvent être classées par 1er, 2e et quelquefois 3e choix, ne doivent être transbordées que par des professionnels. D'une manière générale, les expéditeurs et destinataires n'abandonnent aux Compagnies de chemins de fer que les manutentions faciles et sans importance, se réservant de faire celles qui exigent l'œil et la main des gens du métier.

Malgré cela, les Compagnies savent, par les indemnités qu'elles ont à payer de ce chef, les inconvénients que présente le transbordement de ce qui leur reste à mettre à quai, ou à charger sur les wagons.

La solution la plus pratique variera selon les cas. Mais au point de vue du tracé des réseaux, *le problème est de même nature que celui résolu à Mulhouse par l'emploi d'évitements spéciaux.*

Dans les nombreuses villes, où l'on a pris la voie de 1,44 m (sans trop savoir pourquoi

sauf à Paris où l'on avait un motif sérieux [1], on pourra se résoudre à utiliser purement et simplement les voies larges de tramways et, particulièrement, en ce qui concerne le service si important des approvisionnements en combustibles industriels, *y faire circuler des wagons spéciaux pouvant s'inscrire dans les courbes très réduites et passer dans la gorge du rail Broca.*

Mais nous le répétons, on se trouvera dans des conditions moins avantageuses que sur les installations à voie étroite *où l'on aura prévu le passage des wagons de grand gabarit* [2].

En raison des considérations que nous avons exposées plus haut, une diminution quotidienne des frais de transport, si faible soit-elle, a son importance; dans l'ardente lutte commerciale qui s'engage, rien n'est à négliger de ce qui peut diminuer le travail du chef d'une usine ou d'une maison de commerce. Tout ce qui a trait au camionnage et aux chevaux est une cause de perte de temps, quelquefois de gêne, *et même d'énervement, en raison de ce qu'il est souvent difficile de parer aux à-coup.*

A ce titre, l'organisation d'un service *régulier* de marchandises, sur voie ferrée urbaine, et par les soins d'une Compagnie spéciale est un grand progrès, *alors même que les transports s'effectuent* comme à Mulhouse et à Forst, *à des prix voisins de ceux du camionnage.*

Il a de plus l'avantage d'utiliser, en tout, ou en partie, des réseaux ferrés existants, aménagés pour donner satisfaction à d'autres besoins, mais dont l'installation est extrêmement coûteuse.

On a été lent, en France, à comprendre que ce progrès s'impose, et plus lent encore à voir qu'il y a urgence à le réaliser si nous ne voulons pas rester en retard. Voici qu'on s'occupe d'organiser un service de marchandises à Paris, à Marseille, à Reims, à Nice, etc.; il est fait de louables efforts en ce sens et ces efforts sont, nous sommes heureux de le constater, appuyés en haut lieu; on ne saurait trop les encourager.

Il est temps qu'on se mette à l'œuvre. Il y va de l'intérêt de l'industrie et du commerce qui en tireront profit, et aussi, des municipalités et de l'Etat qui en bénéficieront également; d'ailleurs les installations leur feront plus promptement retour, si on ne tarde pas à étudier cette question et à lui donner une solution en accordant des concessions dans des conditions raisonnables là où il en sera demandé.

II. Avantages résultant de l'application du système. — Les avantages que peuvent retirer les particuliers de l'utilisation des réseaux urbains pour le transport des marchandises qui leur sont destinées, sont suffisamment évidents pour qu'il soit inutile d'y insister. Dans leur second mémoire, MM. Druart et Le Roy démontrent que les grandes Compagnies de chemins de fer et les municipalités seront également avantagées par l'application

(1) La Compagnie des Omnibus ayant à payer une redevance *par voiture* avait intérêt à construire des véhicules à impériale qui nécessitaient une grande largeur de voie.

(2) Le transport des marchandises, dans les villes comme Paris, qui tiennent à leur cachet artistique, pourrait s'effectuer la nuit; mais il semble qu'il serait fort utile, *au point de vue de l'utilisation du matériel*, de permettre également cette circulation entre midi et une heure pendant la semaine; à ce moment, presque tout le monde déjeûne; les chaussées ne sont plus encombrées par les camions et le passage des trains se ferait aisément. Cela n'aurait rien de très horripilant et il semble que les plus rigoristes en matière d'art et de perspective pourraient faire cette concession à l'industrie, un peu souillon si l'on veut, surtout quand il s'agit des charbons, mais dont ils ne méprisent pas les écus quand elle les apporte.

D'ailleurs, en se plaçant à ce point de vue, il est moins choquant pour l'œil de voir passer une rame de wagons que d'avoir à subir toute la journée la vue des noirs tombereaux à charbon, bien connus de ceux qui fréquentent la rue Lafayette.

L'organisation de la traction mécanique des marchandises dans Paris aurait évidemment pour conséquence de rejeter sur les boulevards extérieurs le transport d'un grand nombre de denrées industrielles et commerciales.

de ce système, qui leur permettra, aux premières de mieux utiliser leur matériel roulant, aux secondes de diminuer leurs dépenses d'entretien de la voirie.

Ces divers avantages ont été reconnus par le Conseil supérieur du Commerce et de l'Industrie, ainsi qu'il résulte des extraits suivants du mémoire.

« Soumise à l'appréciation du Conseil supérieur du Commerce et de l'Industrie, au moment de l'enquête qu'il effectuait en 1900, sur les voies de communication, cette innovation a été prise en sérieuse considération.

» Dans le rapport présenté à M. le Ministre du Commerce par MM. André Lebon et Charles Roux, le Conseil supérieur apprécie dans les termes suivants l'utilisation des tramways comme annexes des voies ferrées :

» L'espoir d'obtenir un meilleur rendement du matériel roulant des chemins de fer, en » activant les opérations de chargement et de déchargement, a donné naissance dans diver- » ses villes industrielles, à Reims notamment, à des projets intéressants : ces projets con- » sistent essentiellement à employer les voies urbaines de tramways pour conduire dans » les usines les wagons, soit en les faisant circuler directement sur les rails, si ceux-ci le » permettent, soit en les montant sur trucks-transporteurs.

» Il est évident que la réalisation de ces projets aurait de sérieux avantages ; les gares » se trouveraient dégagées pendant toute la durée des opérations de chargement et de » déchargement ; ces opérations, rendues infiniment plus brèves par l'adduction directe » du wagon aux magasins de l'usine, rendraient ce dernier plus promptement disponible » pour de nouveaux voyages ; les villes enfin, allégées d'une partie des innombrables » camions qui font le service des gares et détériorent les rues, recouvreraient plus d'aisance » dans leur circulation intérieure et dans leurs dépenses d'entretien de la voie publique.

» On ne peut méconnaître que certaines difficultés pratiques peuvent se rencontrer ; » mais il ne semble pas qu'aucune soit insurmontable : l'autorité locale peut, par une régle- » mentation attentive, décider à quelles heures et dans quelles conditions pourront circu- » ler ces trains de marchandises, qui ne seront pas plus longs que ceux que l'on voit, à » certains jours, traverser les rues les plus encombrées de Paris.

» En tout cas, l'essai vaut d'être tenté, et il est à désirer que le projet actuellement sou- » mis aux autorités compétentes du département de la Marne soit mis à exécution. »

Enfin, dans les pièces annexes du rapport précité, nous trouvons encore les considérations suivantes, présentées à l'appui d'un système de truck-transporteur :

» La traction mécanique des marchandises sur les voies de tramways paraît devoir être, » dans les villes industrielles et commerçantes, la conséquence naturelle de l'équipe- » ment électrique des lignes à voyageurs.

» L'accroissement de poids des voitures automotrices a obligé de renforcer les rails » dans des proportions telles qu'ils peuvent souvent, de ce fait, supporter le passage » des wagons de marchandises.

» C'est l'acheminement vers la réalisation du *desideratum* si fréquemment formulé de » nos jours : supprimer le transbordement des marchandises empruntant des voies de » largeurs différentes.

» Grâce à l'emploi des trucks-transporteurs, les réseaux de tramways peuvent devenir. » dans la plupart des cas, le prolongement des voies normales ; au moyen d'embranche- » ments particuliers, ils pénètreront partout avec une souplesse inconnue à celles-ci et » s'épanouiront dans les cours des maisons de négoce et des établissements industriels.

» Cette organisation, si on la compare à ce qui se pratique aujourd'hui, présentera les » avantages marqués ci-après :

» *a*) Les arrivages, soit par wagon isolé, soit par rame de wagons complets, parvien- » dront rapidement aux destinataires.

» *b*) Les expéditions seront faites commodément et sans déplacement de personnel.

» *c*) Comme conséquence de ce mécanisme, il sera facile d'assurer le retour rapide » des wagons et de diminuer ainsi l'immobilisation du matériel des Compagnies d'inté- » rêt général.

» *d*) Grâce à la faible longueur des parcours en ville, les trucks-transporteurs pourront » être utilisés dans des conditions avantageuses; dans certains cas, on pourra faire plu- » sieurs voyages par jour.

« *e*) Enfin, le passage dans les rails à gorge exigés en ville, et dans les courbes de faible » rayon, si difficile (*et le plus souvent impossible)* avec les roues des wagons de grand » gabarit, devient facile avec des roues de trucks à essieux très rapprochés. »

Examinant plus spécialement les avantages que les compagnies de chemins de fer peuvent retirer de la nouvelle organisation, MM. Druart et Leroy font observer que, dans les conditions actuelles, un wagon de marchandises se trouve immobilisé pendant 46 heures au minimum par le fait du déchargement. En admettant en effet qu'il arrive en gare entre midi et quatre heures du soir (heures les plus favorables) que cette arrivée soit annoncée au destinataire le jour même, que le destinataire effectue le déchargement dans la journée du lendemain et qu'enfin le wagon soit rechargé dans la matinée du surlendemain, l'immobilisation comprend alors :

1° Le jour de l'arrivée, jusqu'à minuit, en moyenne	10 heures.
2° La journée du lendemain	24 »
3° La matinée du surlendemain, en supposant que le wagon soit chargé avant midi et reparti à cette heure.	12 «
Total	46 heures.

En réalité, la durée de cette immobilisation est beaucoup plus grande, les destinataires usant en général, comme le prouve la pratique, de tous les délais dont ils peuvent disposer. Aussi, dès que les Compagnies ou les pouvoirs publics prennent une mesure ayant pour but de diminuer les délais accordés pour le chargement ou le déchargement, se produit-il immédiatement de violentes protestations individuelles ou collectives.

Cet état de choses préjudiciable aux Compagnies, et en fin de compte au public qui paie des tarifs plus élevés que ceux auxquels les Compagnies pourraient consentir, se trouverait sensiblement amélioré par l'organisation suivante que préconisent MM. Druard et Le Roy : Dans chaque ville serait créé une Compagnie spéciale de traction mécanique, servant d'intermédiaire entre les Compagnies de chemins de fer et les particuliers reliés au réseau urbain de tramways. Les wagons destinés à ces derniers seraient, dans chaque gare expéditrice de quelque importance, groupés en une rame. Cette rame serait, dès l'arrivée du train à la gare destinataire, refoulée sur l'embranchement de la Compagnie spéciale, qui en prendrait livraison et en deviendrait responsable à partir de ce moment. Cette Compagnie délivrerait alors les wagons aux intéressés en veillant à ce que les délais accordés ne soient pas dépassés.

Par ce simple aperçu on voit immédiatement que ce mode d'exploitation aurait non seulement pour conséquence de diminuer la durée d'immobilisation des wagons, mais encore de supprimer les frais de manutention des Compagnies de chemins de fer pour la mise à quai des wagons et aussi de diminuer considérablement le développement de ces quais. Il y aurait donc lieu d'espérer que, en raison de ces avantages, les Compagnies de chemins de fer consentiraient à des rabais qui permettraient aux destinataires de payer la Compagnie intermédiaire, de sorte qu'en définitive les marchandises se trouveraient trans-

portées sans aucuns frais pour les destinataires depuis la gare jusqu'au domicile de ceux-ci.

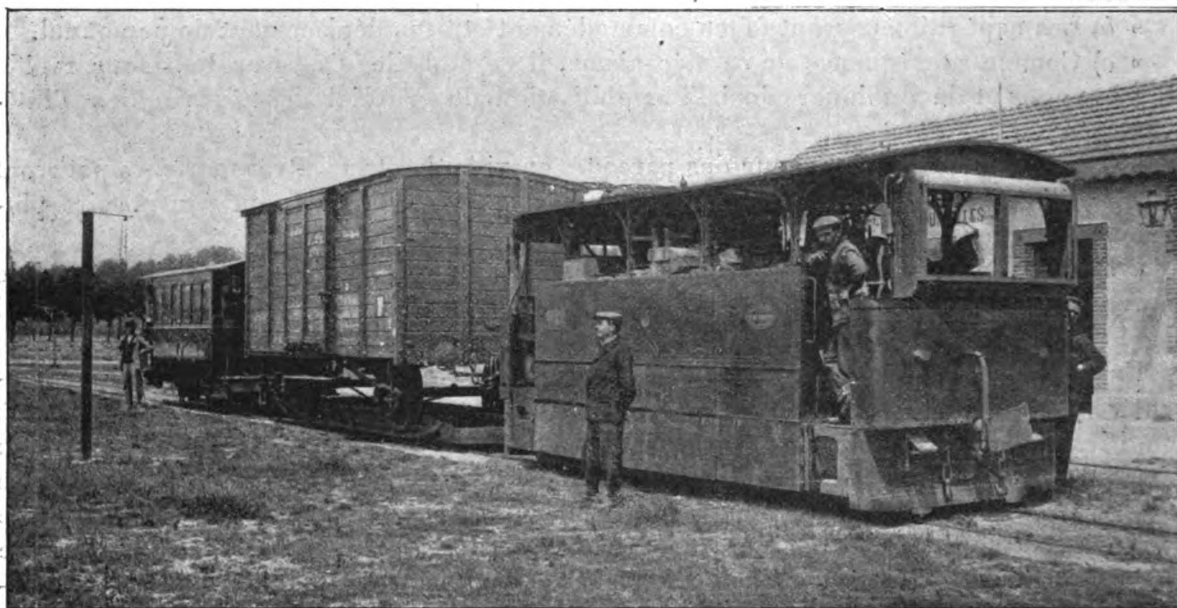


Fig. 1.

. . . . .

En terminant MM. Druart et Le Roy insistent sur les avantages procurés aux municipa-

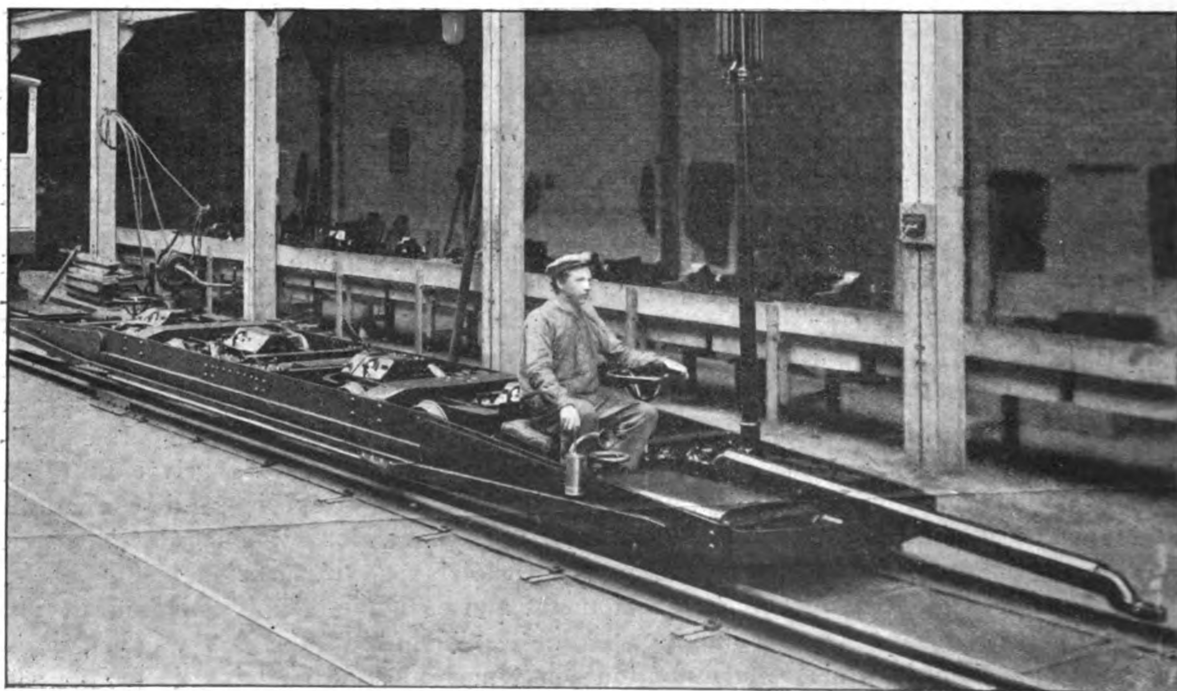


Fig. 2. — Vue d'un truck transporteur à vide.

lités par cette organisation ; il nous suffira de les énoncer : moindre encombrement des voies de communication et par conséquent inutilité de l'élargissement, toujours onéreux,

des voies fréquentées, ce qui n'est pas un mince avantage dans les grandes villes industrielles de développement récent; diminution considérable des dépenses d'entretien de voirie, les lignes de tramways entretenues aux frais des concessionnaires assurant la majeure partie du trafic des marchandises lourdes.

III. Transporteur-locomoteur Dulait et Le Roy. — Dans les installations de Forst et de Meissen dont il est question dans le premier mémoire, les trucks transporteurs sont traînés par une locomotive, comme l'indique la figure 1 qui représente un truck-transporteur Dulait et Le Roy, pour wagons de la voie normale (10 à 20 tonnes), roulant sur voie de 1 m, de la Compagnie des chemins de fer de la banlieue de Reims. Dans le cas où le réseau est à traction électrique, l'emploi de locomotives est évidemment peu rationnel puisque, pour obtenir l'adhérence nécessaire, il faut donner à la locomotive un poids mort considérable. Il serait préférable d'utiliser pour l'adhérence un poids utile, l'un des wagons à transporter par exemple. C'est en partant de cette idée que MM. Dulait et Le Roy ont été conduits à imaginer un truck transporteur-locomoteur.

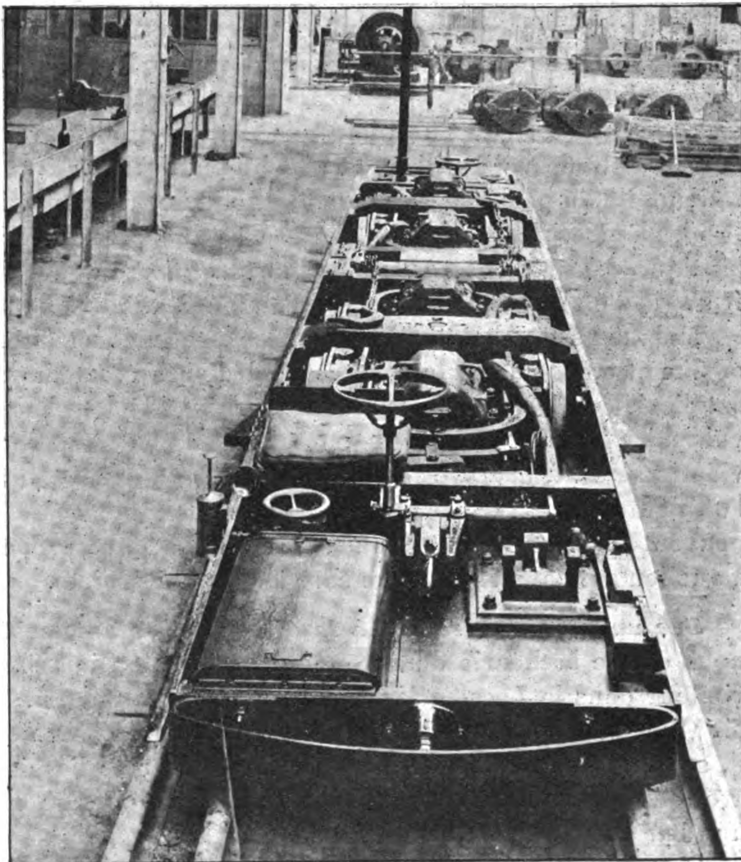


Fig. 3. — Vue en plan du truck transporteur à vide.

Les études de ce truck locomoteur ont été faites par M. Dulait, de la Société Electricité et Hydraulique qui, déjà à l'Exposition universelle de 1900, présentait un truck transporteur (mais non locomoteur).

Les figures 2 et 3 donnent une vue de côté et une vue en plan d'un de ces trucks locomoteurs essayé à Reims en mai 1902. Il est, comme on le voit, formé d'un châssis rigide muni latéralement de rails pour recevoir les wagons à transporter et reposant sur deux bogies par l'intermédiaire de 24 ressorts. Il est muni de deux moteurs qui peuvent être, par un ingénieux mécanisme, abaissés ou élevés, pour permettre, au moment du chargement ou du déchargement, le passage des essieux de quelques wagons spéciaux. Un mât et une perche de trôlet servent à amener le courant aux moteurs.

Les essais faits à Reims ont montré que ce transporteur locomoteur, chargé d'un wagon de 20 tonnes utiles (modèle de wagon qui commence à se répandre sur les réseaux français; la Compagnie du Nord en a déjà 7 500 en service) est capable de remorquer très facilement deux autres trucks simplement transporteurs chargés chacun d'un wagon de 20 tonnes également. Ces résultats semblent permettre de bien augurer de la réussite des

applications que MM. Druart et Le Roy se proposent de réaliser, d'abord à Reims, puis dans quelques autres villes, de leur système de transport des marchandises. Nous reviendrons sur ces applications qui ajoutent un nouveau morceau au domaine de la traction électrique en attendant que celle-ci ne détrône la traction à vapeur dans toutes les entreprises de transport.

L'écartement de voie pour chemin de fer d'intérêt local, par **A. Ziffer**, président de plusieurs sociétés de chemin de fer d'intérêt local en Autriche, soulève, au point de vue technique et au point de vue économique de nombreuses questions qui ont déjà été discutées aux Congrès internationaux de Bruxelles (1885) et de Saint-Pétersbourg et aux Congrès de l'Union internationale des tramways d'Amsterdam (1890), de Hambourg (1891), de Budapest (1892), de Paris (1900) (1) et de Londres (1902). Dans son mémoire, M. Ziffer donne un un aperçu historique du sujet, puis il examine les avantages et inconvénients des divers écartements de voie utilisés et conclut en disant : « Que la voie étroite est la seule solution rationnelle du problème de la construction et de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local, même s'il s'agit d'une ligne à trafic de quelque importance; quelle est notamment pratique dans les contrées montagneuses ou accidentées et surtout dans les pays neufs où il s'agit d'établir rapidement des communications à bon marché ».

Mais sous la dénomination générale de voie étroite, on désigne des voies ayant 1 m, 0,75 m et 0,60 m d'écartement. Lequel de ces écartements convient-il d'adopter ? L'auteur est d'avis que les uns et les autres sont justifiés en de certains cas, mais que cependant la voie de 0,60 m, la plus économique évidemment au point de vue de la construction, ne convient qu'à un trafic restreint et pour des buts spéciaux. Les chemins de fer monorails, que l'on peut considérer comme la limite en quelque sorte des chemins de fer à voie étroite, peuvent aussi être adoptés dans certains cas; à ce propos, l'auteur cite les chemins de fer actuellement construits ou encore à l'état de projets.

Sur un théorème relatif à la direction des automobiles, par **Wickersheimer**, ingénieur, nous donne la théorie d'un système de direction imaginé par M. Bourlet et décrit par l'inventeur dans la *Locomotion automobile*, année 1899, p. 687. D'après le résumé succint que M. Wickersheimer a lui-même donnée de sa communication, ce système, bien connu, dit-il, serait constitué comme il suit : « Les pièces de l'essieu directeur, à pivot, sont coudées avec des bielles formant glissières dans lesquelles se meuvent les boutons qui terminent une barre qui glisse dans des manchons à distance fixe de l'essieu ».

Cette laconique description aurait besoin d'être complétée par quelques figures. Aussi attendrons-nous que l'auteur nous ait donné connaissance du texte complet de sa communication pour en publier une analyse, et nous passerons aux travaux de la

Section de Physique

qui présentaient un très grand intérêt et qui ont été suivis très assidument, bien qu'ils aient occupé quatre longues séances de trois heures et demie, par de nombreux auditeurs, parmi lesquels nous noterons, outre les membres du bureau (1), MM. Carpentier, président

(1) Voir le compte rendu de ce Congrès. *L'Éclairage Électrique*, t. XXIV, p. 411, 15 septembre 1900 et t. XXV, p. 194, 3 novembre 1901.

(1) Le Bureau était constitué comme il suit :
Président d'honneur : M. Mercadier, directeur des études à l'École polytechnique;
Président : M. Mathias, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse;
Vice-présidents : MM. Lacour, ingénieur, et Pellin, constructeur;
Secrétaire : M. Turpain, maître de conférences à la Faculté des sciences de Poitiers.

de l'A. F. A. S, Marchand, directeur de l'Observatoire du Pic du Midi, B. Brunhes, directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme, Lugol et Corone, professeurs de Physique, le lieutenant de vaisseau Tissot, délégué du ministre de la Marine, le général et plusieurs officiers supérieurs de la division de Montauban, etc. Mémoires intéressants et salle bien garnie, c'est là un double succès dont l'honneur revient pour la plus grande partie au président de la section qui n'a ménagé ni son temps, ni sa peine dans l'accomplissement de ses fonctions, avant et pendant le Congrès.

Comme nous le disions dans le précédent numéro la *Télégraphie sans fil* ou plus généralement les *Applications des ondes hertziennes* ont donné lieu à diverses communications des plus intéressantes de M. Tissot et de M. Turpain, communications qui ont été suivies de discussions ou plus exactement d'échanges de vues entre les nombreuses personnes venues pour les entendre et qui ont rendu fort attrayante et instructive la séance consacrée à ces sujets. Des communications sur la *Décharge électrique*, dont une de M. Swyngedauw, sont d'ailleurs à rapprocher des précédentes.

L'une des questions proposées à la discussion de la section, *La Photométrie chimique et photographique*, avait amené un autre groupe de communications dont plusieurs présentent un intérêt spécial pour la photométrie des sources électriques; MM. Cotton, Camichel, Baillaud, Fery ont examiné la question à plusieurs points de vue avec une compétence indiscutable. M. le Dr Foveau de Courmelles dans une communication intitulée « Quelques moyens de comparaison d'intensité de la lumière chimique » s'est également attaqué au même sujet, tenant sans doute à montrer que ses connaissances s'étendent au delà des domaines, cependant bien vastes, de la médecine de l'électricité; malheureusement le proverbe « Qui trop embrasse, mal étreint » s'est trouvé une nouvelle fois justifié et pour cette raison nous nous abstiendrons d'en dire plus long sur cette communication. Nous ne ferons également que mentionner le mémoire de M. Baillaud, mais pour tout autre raison : c'est que, comme l'indique son titre « Sur l'application du photomètre à coin à la détermination des grandeurs photographiques des étoiles », le savant directeur de l'Observatoire de Toulouse, a traité d'une application de la photométrie qui n'a rien de commun avec la mesure des grandeurs lumineuses des sources électriques.

Le *Magnétisme terrestre* a été l'objet de deux communications, l'une de M. Mathias, l'autre de MM. Bruhnes et David.

Diverses autres questions de l'électricité ont été traitées par MM. Benoist, Bordier, Maurain, Nogier, Tissot, Turpain, etc., et par M. Duhem qui a présenté un mémoire de haute envergure sur les actions exercées par les courants alternatifs.

Enfin, deux communications relatives aux mesures ont été présentées l'une par M. de Rey Pailhade, l'autre par M. Raverot. Les idées développées dans cette dernière ayant déjà été exposées par l'auteur lui-même dans cette revue [1] nous n'avons pas à y revenir.

Ajoutons que dans sa dernière séance la section de physique a, sur la proposition de M. Tissot et sur la demande du ministre de la Marine, adopté deux vœux relatifs à l'application de la télégraphie sans fil [2].

---

(1) E. Raverot. Le système décimal et la mesure du temps. *L'Éclairage Électrique*, t. XXIX, p. 464, 28 décembre 1901.

(2) Comptant par nos abonnés bon nombre de professeurs, signalons aussi, bien qu'il ne se rapporte pas à l'électricité, le vœu suivant adopté par la section sur la proposition de M. Corone : « Qu'une certaine latitude soit laissée aux professeurs de physique de l'enseignement secondaire pour l'acquisition des instruments de physique se rapportant à l'enseignement qu'ils donnent et dans la limite des crédits réglementaires. »

Pour ceux de nos lecteurs qui ne sont pas au courant des errements administratifs, voici quelques explications : Il est alloué chaque année à tout laboratoire d'un établissement d'enseignement un crédit destiné à l'entretien du

Nous donnons ci-dessous le texte de ces vœux et quelques mots sur les considérations qui les ont motivées, puis nous passerons aux analyses des diverses communications intéressant nos lecteurs et dont les manuscrits nous ont été obligeamment communiqués par le bureau de la section.

Vœux du ministère de la Marine relatifs à la télégraphie sans fil, par le lieutenant de vaisseau **Tissot**.

M. Tissot expose que le ministère de la Marine désirerait utiliser la télégraphie sans fil pour transmettre des indications aux navires de commerce et particulièrement aux bateaux de pêche sur l'état probable de la mer. Actuellement ces indications sont données par les sémaphores au moyen de cônes pendant le jour, de fanaux pendant la nuit. Ceux qui ont séjourné, ne fut-ce que quelques semaines, dans un port de mer savent combien ces renseignements sont appréciés des marins et le nombre de sinistres qu'ils évitent dans la flottille de pêche. Malheureusement les signaux actuellement employés ne sont visibles qu'à une assez faible distance, surtout par temps de brouillard. Avec la transmission par ondes hertziennes cet inconvénient disparaîtrait, car quel que soit l'état de l'atmosphère ces ondes sont transmises à des distances bien plus grandes que celles qui séparent les bateaux de pêche des sémaphores. Cette transmission ne présente d'ailleurs aucune difficulté puisqu'il suffirait d'installer dans les sémaphores des postes transmetteurs de télégraphie hertzienne dont les appareils n'auraient pas besoin d'être aussi puissants que ceux utilisés pour les transmissions à grande distance ; de plus, le personnel des postes sémaphoriques serait parfaitement apte à la manipulation de ces appareils. Pour la réception les difficultés sont plus grandes, les appareils récepteurs devant être confiés aux mains inexpérimentées des matelots. Il conviendrait donc d'étudier la construction de dispositifs robustes et peu coûteux. Il est d'ailleurs bien évident que ces dispositifs n'auraient besoin de contenir ni relais, ni récepteur Morse, car on ne saurait songer à transmettre des messages. Il suffirait qu'on puisse transmettre quelques indications brèves, telles que « tempête prochaine, rentrez avant tant d'heures », ou bien « tempête imminente, rentrez immédiatement », de sorte qu'un cohéreur associé avec un dispositif traduisant par des signaux sensibles à l'ouie ou à la vue cinq ou six indications suffirait très probablement.

Mais pour que des installations de ce genre rendent tous les services qu'on est en droit d'en attendre, il conviendrait en premier lieu que les signaux correspondant à une même indication fussent les mêmes dans tous les pays afin qu'ils soient toujours compris des marins quels que soient la nationalité de ceux-ci et le pays dans le voisinage duquel ils se

---

laboratoire ; les reliquats de crédit ne peuvent être reportés d'un exercice sur l'autre ; quant à l'achat d'instruments il ne peut être effectué qu'en vertu d'une autorisation ministérielle et sur des fonds spéciaux.

Dans ces conditions il est permis de dépenser 500 fr pour la remise en état d'un appareil ayant coûté 300 fr, mais il est interdit de consacrer cette somme à l'achat du même appareil. D'autre part si les dépenses d'entretien d'un exercice sont inférieures au crédit accordé, le reliquat, qui ne peut être reporté sur l'exercice suivant, est souvent employé à des dépenses d'utilité contestable. Enfin comme les formalités relatives à l'achat d'un appareil sont longues et que les fonds qui y sont spécialement affectés sont très minimes, il est beaucoup de laboratoires ne possédant pas des instruments, sinon indispensables, du moins très utiles à l'enseignement.

Le vœu présenté par M. Corone, s'il était pris en considération par le ministère de l'Instruction publique, ferait disparaître, en partie, au moins, ces inconvénients et éviterait aux directeurs de laboratoires l'obligation d'avoir recours à certains « trucs », qu'il ne nous appartient pas de dévoiler et qui sont d'ailleurs bien connus, pour parvenir à assurer le fonctionnement de leurs laboratoires avec les crédits ordinaires.

Espérons donc qu'avec le puissant appui de l'Association française pour l'avancement des sciences, ce vœu sera favorablement accueilli par le ministère. Le moment paraît d'ailleurs très bien choisi pour le présenter. Dans une circulaire récente, M. le ministre de l'Instruction publique ne disait-il pas qu'il convenait d'encourager et de faciliter les travaux personnels des professeurs. Or de quelle manière plus efficace qu'en lui permettant l'achat, sous contrôle bien entendu, d'appareils d'études, pourrait-on faciliter le travail personnel des professeurs de physique ?

trouvent. Il faudrait, en outre, que les appareils récepteurs de ces signaux ne fussent pas influencés par les ondes hertziennes utilisées pour la transmission des messages à distance plus ou moins grande, et, le problème de la syntonisation n'étant pas encore résolu, le moyen le plus simple de réaliser cette condition consisterait sans doute à n'employer pour les indications transmises par les sémaphores que des combinaisons de signaux non utilisées dans la télégraphie sans fil. Pour arriver à ces résultats une entente internationale est indispensable.

A la suite de ces explications, la section de physique a émis les deux vœux suivants :

1° Appeler l'attention des constructeurs sur l'intérêt qu'il y aurait à munir les bateaux de pêche de faible tonnage d'appareils récepteurs de télégraphie sans fil, robustes et peu coûteux, susceptibles de recevoir un nombre restreint de signaux, de manière à permettre aux sémaphores d'avertir les pêcheurs de l'état du temps, à une distance d'une dizaine de milles ;

2° Provoquer la réunion d'une commission internationale afin d'étudier les moyens propres à assurer une entente pour l'échange des communications par ondes hertziennes et particulièrement en vue de la sécurité de la navigation.

Sur la loi de distribution régulière de la composante verticale du magnétisme terrestre en France au 1er janvier 1896, par **E. Mathias**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse.

Dans des publications antérieures, l'auteur a montré que la loi de la distribution régulière en France de la composante horizontale H du magnétisme terrestre, ainsi que celles qui régissent la distribution de la déclinaison D et de l'inclinaison I, peuvent être exprimées en fonction de la longitude et de la latitude au moyen de formules simples [1]. Dans le mémoire présenté au Congrès de Montauban, l'auteur complète ces travaux remarquables en donnant la formule qui convient pour déterminer la composante verticale Z en un lieu de longitude et de latitude connues ne présentant pas d'anomalies magnétiques.

I. — Comme base de ses calculs, M. Mathias a pris le *Réseau magnétique de la France* de M. Moureaux [2] dont toutes les mesures, relatives à 617 localités appartenant à toutes les régions de la France, sont ramenées à la date idéale du 1er janvier 1896; il n'a pu utiliser, provisoirement du moins, ses propres mesures magnétiques antérieures à 1901, celles-ci n'ayant pas encore été ramenées au 1er janvier 1896.

Ces calculs considérables, qui ont été effectués par les calculateurs de l'Observatoire de Toulouse et vérifiés par M. Mathias et par M. Baillaud, directeur de cet Observatoire, comportent, en premier lieu, le calcul des différences de longitude et de latitude (Δ long et Δ lat) entre l'Observatoire de Toulouse et chacune des 617 localités en question ; ensuite il faut, pour chaque station X, faire la différence entre la composante verticale Z indiquée par M. Moureaux et la composante verticale de l'Observatoire de Toulouse, du même auteur ; enfin il convient de résoudre, par la méthode des moindres carrés, 426 équations à 6 inconnues se rapportant à 426 localités ne présentant pas d'anomalies magnétiques.

Il est à remarquer que ce travail présentait une difficulté qui n'existait pas dans les précédents. En effet, tandis que H, D et I sont fournis directement par les mesures magnétiques, la composante Z est un élément calculé au moyen de deux des précédents par la relation $Z = H \tang I$, de sorte que les erreurs des mesures de H et de I se reportent sur

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXV, p. 96, 13 octobre 1900 et t. XXIX, p. 448, 21 décembre 1901.

(2) Th. Moureaux. *Annales du Bureau central météorologique*, pour 1898.

la détermination de Z. Il convient donc de rechercher d'abord sur quelle approximation on peut compter dans cette détermination.

Pour cela, admettons que dans la relation

$$dZ = \text{tang}\ I\ dH + H(1 + \text{tang}^2 I)\ dI,$$

obtenue en différentiant les deux membres de l'égalité qui donne Z, dH et dI réprésentent les erreurs de mesures de H et de I ; dZ sera alors l'erreur résultante sur Z. Si l'on remarque que la valeur moyenne de dH est 0,2 et que tang I est sensiblement égale à 2 en France, il vient

$$dZ = 2dH + 0{,}2 \times 5\ dI = 2\ dH + dI.$$

Convenons d'exprimer dZ, comme dH, en unités du cinquième ordre décimal ; si dI est donné en minutes, pour appliquer la formule précédente il faudra exprimer dI en unités trigonométriques. Comme 1 minute vaut 30 unités du cinquième ordre décimal, il s'ensuit que pour une erreur sur dI de $\pm n'$ minute, l'erreur sur dZ sera

$$dZ = 2\ dH \pm 30\ n'.$$

Cette formule montre que c'est l'inclinaison qui influe le plus. Pour une erreur de 2 minutes seulement sur cet élément et une erreur de 20 unités sur la composante horizontale, l'erreur sur dZ atteint, en cas d'addition, $2 \times 20 + 30 \times 2 = 100$ unités ; pour des erreurs respectives de 30 unités et de 3 minutes sur H et I, l'erreur sur Z peut atteindre $2 \times 30 + 30 \times 3 = 150$.

Cette remarque explique la divergence des valeurs de Z données par les mesures de M. Moureaux en quelques stations où les mesures ont été répétées à quelques années d'intervalle, au même endroit. Elle indique en outre qu'il faut admettre comme possible un écart de 100 à 120 unités du cinquième ordre entre les nombres donnés par le calcul de Z au moyen de H et de I et ceux fournis par la formule qu'on trouvera plus loin, sans qu'on puisse en conclure à une anomalie dans la loi de distribution régulière représentée par cette formule.

Une seconde difficulté résultait du fait que les deux valeurs Z trouvées à l'Observatoire de Toulouse en 1884 et 1895 diffèrent de 70 unités du cinquième ordre; fallait-il prendre une des valeurs de préférence à l'autre ou adopter leur moyenne.

Ces deux valeurs sont :

Observation de 1884	H = 0,2175	I = 61°,6	Z = 0,3940
Observation de 1895	H = 0,2182	I = 61°,4	Z = 0,3947

La valeur de I de 1884 paraît être trop élevée, celle de 1895 doit être considérée comme exacte à une minute près. Si on adopte cette dernière et qu'on prenne pour H la valeur 0,21780, composante de Toulouse au 1er janvier 1896 d'après les mesures de M. Mathias, on trouve Z = 0,3940, c'est-à-dire la valeur donnée par M. Moureaux d'après les mesures de 1884. C'est ce nombre, ou mieux 39400, que M. Mathias adopte. En le retranchant des composantes verticales de M. Moureaux exprimées en unités du cinquième ordre décimal, on aura le ΔZ *observé*; le ΔZ *calculé* sera donné par la loi de distribution régulière qu'il s'agit de trouver.

II. — Pour la recherche de cette loi, M. Mathias a procédé exactement de la même façon que pour la composante horizontale, la déclinaison et l'inclinaison. Des tâtonnements

réguliers lui ont permis de passer de la formule linéaire

$$\Delta Z \text{ (calc.)} = 2 (\Delta \text{ long.}) + 9 (\Delta \text{ lat.}),$$

valable dans une aire assez étendue autour de Toulouse, à la formule plus exacte

$$\Delta Z \text{ (calc.)} = 1.5 (\Delta \text{ long.}) + 9,8 (\Delta \text{ lat.}) - 0,0007 (\Delta \text{ lat.})^2, \qquad (1)$$

applicable dans toute la France, la Corse y compris.

Tant que la différence ΔZ (calc) 1 — ΔZ (obs.) ne dépasse pas en valeur absolue 100 unités du cinquième ordre, et même 120 unités pour les grandes valeurs de Δ (long.) et Δ (lat.), on peut considérer la station comme régulière au point de vue de la composante verticale; au-delà il y a anomalie. Sur cette base, la formule (1) a permis de choisir dans les 617 localités visitées par M. Moureaux, 426 stations régulières; on a pu alors écrire 426 équations à 6 inconnues de la forme.

$$\Delta Z \text{ (obs.)} = x + y (\Delta \text{ long.}) + z (\Delta \text{ lat.}) + t (\Delta \text{ long.})^2 + u (\Delta \text{ long.}) (\Delta \text{ lat.}) + v (\Delta \text{ lat.})^2. \qquad (2)$$

En posant

$$y = 1,5 + y', \qquad z = 9,8 + z', \qquad v = 0,0007 + v',$$

et retranchant (1) et (2), il vient :

$$x + y' (\Delta \text{ long.}) + z' (\Delta \text{ lat.}) + t (\Delta \text{ long.})^2 + u (\Delta \text{ long.}) (\Delta \text{ lat.}) + v' (\Delta \text{ lat.})^2 = \Delta Z \text{ (obs.)} - \Delta Z \text{ (calc.)}. \qquad (3)$$

La résolution des 426 équations de cette forme par la méthode des moindres carrés a fourni les valeurs suivantes :

$$x = +39,72, \qquad y = +0,1482, \qquad z' = +0,1019,$$
$$t = -0,000055. \qquad u = -0,000294, \qquad v' = -0,001078$$

La loi de distribution régulière de la composante verticale pour la France entière, y compris la Corse, est par suite donnée par la formule

$$\Delta Z = +39,72 + 1,6482 (\Delta \text{ long.}) + 9,9019 (\Delta \text{ lat.}) - 0,000055 (\Delta \text{ long.})^2$$
$$- 0,000294 (\Delta \text{ long.}) (\Delta \text{ lat.}) - 0,001778 (\Delta \text{ lat.})^2. \qquad (4)$$

Comme on ne peut pas répondre de 40 unités du cinquième ordre dans l'évaluation de la composante verticale, le terme constant de cette formule signifie simplement que la composante verticale admise pour Toulouse, 0,39400, est trop faible de 40 unités. La composante 0,39440 à laquelle on est ainsi conduit est presque exactement la moyenne des deux valeurs résultant des mesures de M. Moureaux faites en 1884 et 1895.

III. — Dans cette partie de son mémoire, M. Mathias donne un long tableau fournissant la vérification de la formule (4) pour 25 départements entièrement réguliers et pour 27 départements presque complètement réguliers.

Dans ces 52 départements, on relève 451 stations régulières contre 42 petites anomalies (dont le module obs. — calc est compris entre 100 et 120 unités) et 145 anomalies donnant un module obs. — calc supérieur à 120 unités. Aucun autre élément magnétique, même la composante horizontale, n'avait révélé une pareille régularité. Ainsi dans le département de l'Indre, La Châtre, étudiée par M. Moureaux en deux endroits différents, donne des anomalies énormes de la composante horizontale et de l'inclinaison, mais la composante verticale est parfaitement régulière comme dans les autres stations du département qui ne donnent d'anomalie d'aucune sorte. Une remarque semblable peut être faite dans le Puy-de-Dôme, pour la Bourboule, Issoire, Royat, Valoie.

IV. — On peut se demander quelle est l'influence de la nature des roches de l'écorce terrestre sur la composante verticale. C'est cette question que M. Mathias étudie dans la quatrième partie de son mémoire. Les résultats de cette étude sont consignés dans deux tableaux. Nous reproduisons ci-dessous l'un d'eux (le tableau II) et les conclusions que l'auteur en déduit :

Tableau II

	Nombre de stations		P. 100 de stations		Nombre d'anomalies	
	régulières.	anomales.	régulières.	anomales.	+	—
			p. 100	p. 100		
Terrains azoïques	78	29	72,9	27,1	11	18
» primaires	36	17	67,9	32,1	6	11
» secondaires	188	66	74,0	26,0	17	49
» tertiaires	108	45	71,6	29,4	18	27
» quaternaires	25	13	65,8	34,2	4	9
Récapitulation générale	435	170	71,9	28,1	55	115

« D'après le tableau II, le pourcentage des stations régulières est à peu près le même pour les terrains azoïques, secondaires et tertiaires; il est sensiblement plus faible pour les terrains primaires et quaternaires. La proportion la plus élevée, 74 p. 100, est donnée par les terrains secondaires (254 stations) et la proportion la plus faible 65,8 p. 100 par les terrains quaternaires (38 stations).

» Les anomalies négatives sont nettement plus nombreuses que les anomalies positives; il y en a un peu plus de 2 en moyenne pour une anomalie positive ; cette proportion s'élève à 3 p. 1 dans les terrains secondaires.

» Le tableau II montre, d'une façon atténuée par les moyennes mais sûre par le grand nombre des stations sur lesquelles porte le calcul, l'influence de la nature du terrain de surface sur la composante verticale.

» On peut suivre le détail de cette influence sur le tableau complet (non reproduit ici) où elle est extrêmement nette en ce qui concerne les terrains secondaires qui sont relativement les plus nombreux. Si on les partage en 3 étages comprenant : le premier, le permien, le trias et le lias avec 62 stations ; le second, les différents terrains jurassiques avec 86 stations ; le troisième, les terrains crétacés avec 106 stations, on trouve que le pourcentage des stations régulières va en décroissant constamment depuis l'étage le plus ancien (80,7 p. 100) jusqu'à l'étage le plus récent (69,0 p. 100).

» L'étage qui a le minimum d'anomalies donne six fois plus d'anomalies négatives que d'anomalies positives ; quant à la valeur moyenne absolue des anomalies elle va constamment en augmentant pour les anomalies positives et constamment en décroissant pour les anomalies négatives.

» Les terrains azoïques permettent aussi des remarques intéressantes. La plus forte proportion de composantes verticales régulières est donnée par le gneiss (92 p. 100) ; le granite et le terrain granitique, qui interviennent pour 62 stations, donnent 82 p. 100 de composantes régulières, mais les 18 p. 100 d'anomalies contiennent parts égales d'anomalies positives et négatives. Si les anomalies sont relativement rares dans les terrains azoïques, quand elles se produisent leur valeur absolue est souvent très élevée.

» Les anomalies positives les plus fortes de la France sont données par le Puy-de-Dôme

(+ 2913 unités du 5e ordre) et le Mont-Dore (+ 861), dont les roches sont basaltiques et trachytiques. Saint-Florent (Corse), dans le miocène, donne aussi une anomalie positive (+ 806).

» L'anomalie négative la plus considérable de la France est fournie par Murat (Cantal) (— 1 065 unités du 5e ordre) dans le trachyte.

» On peut encore citer Bastia (Corse) (— 516) dans les micaschistes, Canari (Corse) (— 437) dans le granite et le porphyre, l'Ile Pelée (Manche) (— 433) dans les schistes verts du cambrien, Josselin (Morbihan) (— 513) dans le cambrien, Henrichemont (Cher) (— 414) dans le crétacé supérieur. »

V. — Dans les deux dernières parties de son mémoire, M. Mathias examine les conclusions générales qu'il est possible de tirer de son étude. Nous ne pouvons mieux faire que de les reproduire intégralement.

« Les faits qui précèdent prennent toute leur valeur quand on essaye de se faire une idée des causes qui produisent le magnétisme terrestre.

» Admettons un instant que celui-ci est produit uniquement par le magnétisme des roches de l'écorce terrestre [1].

» En pareil cas, on devrait s'attendre, lorsque les roches primitives affleurent à la surface, à un excès constant de composante verticale ; la régularité devrait être la plus grande possible lorsque la couche superficielle du sol est formée par des dépôts quaternaires non ferrugineux. Or c'est l'inverse qui se passe, dans un cas comme dans l'autre ; les terrains azoïques donnent dans la grande majorité des cas une composante verticale parfaitement normale, et lorsqu'il y a anomalie, celle-ci est plus fréquemment négative que positive et l'anomalie négative peut être énorme, comme dans le cas de Murat. Quant aux terrains quaternaires, ce sont eux qui donnent la plus faible proportion de composantes verticales régulières ; on aboutit donc à une contradiction et il est impossible que le champ magnétique terrestre soit dû uniquement au magnétisme des roches géologiques.

» Comme il n'y a que deux causes connues de champ magnétique, il faut nécessairement invoquer la seconde, c'est-à-dire les courants ; on est donc conduit à supposer qu'au champ magnétique des roches terrestres se superpose un champ magnétique dû à des courants. Ces courants circulent-ils exclusivement dans la terre ou dans l'air ou bien partiellement dans l'un et dans l'autre ?

» Sans pouvoir répondre d'une façon formelle, on peut cependant remarquer qu'il est impossible que les courants en question ne circulent pas au moins partiellement dans l'écorce terrestre ; on ne comprendrait pas du tout l'influence du relief du sol sur les éléments magnétiques, influence que j'ai mise hors de doute au moyen de mesures faites dans les gorges du Tarn, à Saint-Rome de Dolan, aux Vignes et à la Maxane [2] ; on ne comprendrait pas non plus l'influence de la nature des couches géologiques dans le cas où celles-ci ne sont pas ferrugineuses, ce qui est le cas des terrains jurassiques et crétacés.

» Il faut donc nécessairement que l'on ait affaire à des courants constants circulant dans le sol en nappes parallèles à sa surface [3] c'est-à-dire en somme à des *courants telluriques*. Dès lors, la conductibilité ou la non-conductibilité de l'écorce terrestre influe sur leur intensité, c'est-à-dire sur le champ magnétique terrestre. Lorsque les roches superficielles

(1) La partie centrale du globe, à cause de son énorme température, ne saurait donner d'effets magnétiques, bien qu'elle paraisse constituée par des roches fortement ferrugineuses.

(2) E. MATHIAS. *Annales du Club alpin français* pour 1902.

(3) Auquel cas le champ magnétique produit est vertical par raison de symétrie.

sont homogènes et conductrices, ce qui est le cas de la plupart des roches azoïques, du granite et du gneiss en particulier, le régime des courants telluriques est parfaitement régulier, la composante verticale a sa valeur normale. Si, pour une raison ou pour une autre, la conductibilité est diminuée, par des failles ou une discordance de couches, en vertu de la loi des courants dérivés, le courant tellurique diminue, et il y a anomalie négative. On peut dire que, d'une manière générale, l'anomalie négative est la règle, le champ magnétique produit par le courant tellurique ne pouvant guère qu'être diminué. Les anomalies positives, au contraire, s'expliquent aisément par une accumulation, au voisinage du point considéré. de roches parfaitement magnétiques. Cependant, lorsque l'obstacle qui arrête le courant tellurique s'étend beaucoup en profondeur, le courant qui est nécessairement voisin de la surface du sol, ne pouvant passer l'obstacle en dessous, le passe en dessus, c'est-à-dire dans l'air ; dans ce dernier cas, il y a encore augmentation de la composante verticale.

» Quoi qu'il en soit, l'anomalie positive ou négative de la composante verticale est produite par un régime régulier de courants, donc en superposant au champ magnétique de roches un champ magnétique vertical supplémentaire provenant des courants. Peut-on avoir une idée de la grandeur de ce second champ relativement au premier? Il suffit pour répondre à cette question de chercher l'anomalie négative maxima qui se trouve être de 1 065 unités du 5e ordre (Murat) ; c'est évidemment une fraction notable du courant tellurique. Si l'on admet, par exemple, que c'en est la moitié, on obtient pour le courant tellurique un champ vertical de 2 130 unités ; le champ total vertical étant d'environ 40 000, on voit que le champ du courant tellurique est environ $\frac{1}{20}$ du champ total.

» Le vecteur magnétique provenant du magnétisme des roches de l'écorce terrestre ne dépend sensiblement que de la température de celles-ci, sauf évidemment le cas de remaniements brusques opérés par les tressaillements de l'écorce terrestre sous l'influence du noyau central ; comme la température est ici indépendante du temps dans une mesure énorme, on peut considérer que le vecteur provenant du magnétisme des roches est pratiquement constant : les variations diurnes, saisonnières et annuelles du magnétisme terrestres sont donc dues exclusivement aux variations du champ magnétique des courants telluriques. Sans entrer dans une discussion qui n'a pas sa place ici, on sait que Blavier (1) attribuait à des courants telluriques *circulant dans l'air* les variations du magnétisme terrestre. L'analyse de Blavier serait à réprendre ; quoiqu'il en soit, on peut dire qu'elle complète heureusement, quoique qualitativement, l'essai de théorie du magnétisme terrestre qui vient d'être ébauché et sur lequel j'aurai occasion de revenir.

» VI. — La loi de distribution régulière de la composante verticale est soumise à une condition qui n'existait pas pour les lois de distribution de la composante horizontale, de la déclinaison et de l'inclinaison ; tandis que celles-ci sont indépendantes les unes des autres la loi de distribution de la composante verticale doit être une conséquence des lois de distribution de la composante horizontale et de l'inclinaison. En particulier, une station X qualifiée régulière pour H et I doit être régulière pour Z, à moins que les erreurs de mesure de H et I ne soient de même signe et un peu fortes ; les vérifications de ces cas sont très nombreuses. Toutefois l'accord est plutôt qualitatif que quantitatif pour les stations frontières, ce qui provient de ce que la loi de distribution de la composante horizontale qui est du premier degré par rapport à (Δ long.) et (Δ lat.) est devenue insuffisante et doit être remplacée par une loi de distribution du second degré à 5 ou 6 termes. »

(1) E. Blavier, Étude sur les courants telluriques, p. 27 et 28, 1884.

Anomalies magnétiques sur le Puy-de-Dôme, par **B. Brunhes**, directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme, et **H. David**, météorologiste à l'Observatoire, en résidence à la station de la Montagne.

« La carte magnétique de la France centrale est à faire. Au cours de ses beaux travaux sur le réseau magnétique français, M. Moureaux a fait en Auvergne quelques mesures, suffisantes pour lui indiquer l'existence d'anomalies notables, mais trop clairsemées pour qu'il ait pu tracer les lignes isomagnétiques des départements du Massif central.

» Ce n'est pas en effet cinq ou six mesures dans un département qu'il faudra faire. Nous venons d'effectuer *soixante* mesures dans un rayon de 200 m autour du sommet du Puy-de-Dôme, sur le haut de la montagne elle-même et sur ses flancs est et sud, et nous commençons seulement à connaître la distribution du magnétisme sur la montagne. Il faudra une *densité* de stations d'observation de cet ordre de grandeur, au moins, dans toute la région de la chaîne des Puys. C'est dire le travail formidable que représentera cette étude.

» Ces premières mesures nous ont donné un résultat inattendu. On était bien convaincu de l'existence de fortes anomalies, mais on ne prévoyait point que l'on trouverait entre deux points distants de 145 m une différence de déclinaison de 7 degrés; *sur le Puy-de-Dôme même, se trouvent les points de déclinaison maximum et de déclinaison minimum qu'on ait jusqu'ici observés en France.*

» Les observations ont été faites avec les appareils Brunner appartenant à l'observatoire du Parc Saint-Maur. Nous avons, jusqu'ici, porté surtout notre attention sur la déclinaison. Quelques mesures ont été faites par la méthode classique, en faisant les observations complètes du soleil, destinées à faire connaître le méridien géographique. Les autres ont été faites en visant un repère, soit la cathédrale de Clermont à l'est, soit le pic de Sancy au sud-ouest.

» Les distances de ces repères sont connues. Quand on était en un point M, il suffisait de viser de ce point le repère choisi et la tour de l'Observatoire. On avait ainsi dans une première approximation la direction dans laquelle était vu le point M du centre de la tour, et en même temps la mesure du diamètre apparent de cette tour faisait connaître la distance du point M. Cela suffisait pour permettre de calculer pour le point M, ce qu'on peut appeler la *parallaxe* de Clermont ou du Sancy, c'est-à-dire la correction angulaire permettant de rapporter les directions des repères aux valeurs qu'elles auraient du centre de la tour. L'erreur possible dans cette correction, pour les points les plus éloignés du sommet, ne dépasse pas deux minutes, ce qui est inférieur à l'approximation dont nous avons besoin ici. Nos mesures, quelques-unes rapides et sans avoir recours à tous les retournements, sont exécutées au moins à trois ou quatre minutes près. Nous les avons multipliées pour être bien sûrs de l'anomalie que nous révélait une première mesure qui nous donnait 17 degrés, soit 3 degrés de plus que le nombre qu'on déduisait de l'unique observation qui eût été faite au Puy-de-Dôme, celle de M. Moineaux en 1884, laquelle, par un curieux hasard, avait été faite en un point sans grande anomalie.

» La carte ci-jointe, à l'échelle de 1/1500e environ, donne le tracé des isogones, en traits pleins le tracé sûr, en traits pointillés le tracé probable. Au voisinage immédiat de la tour, on a des valeurs très irrégulières, mais ce qui prouve bien que là ne saurait être l'origine des perturbations de la montagne, c'est que le maximum de 19°,28′ qui dépasse de beaucoup ce qu'on trouve au voisinage de la tour est en un point situé à 100,74 m du centre de la tour à l'est, et qu'en un point situé dans la même direction à 210,89 m, au point marqué AB, la valeur de la déclinaison n'est que très peu diminuée : elle est encore 19°,6′.

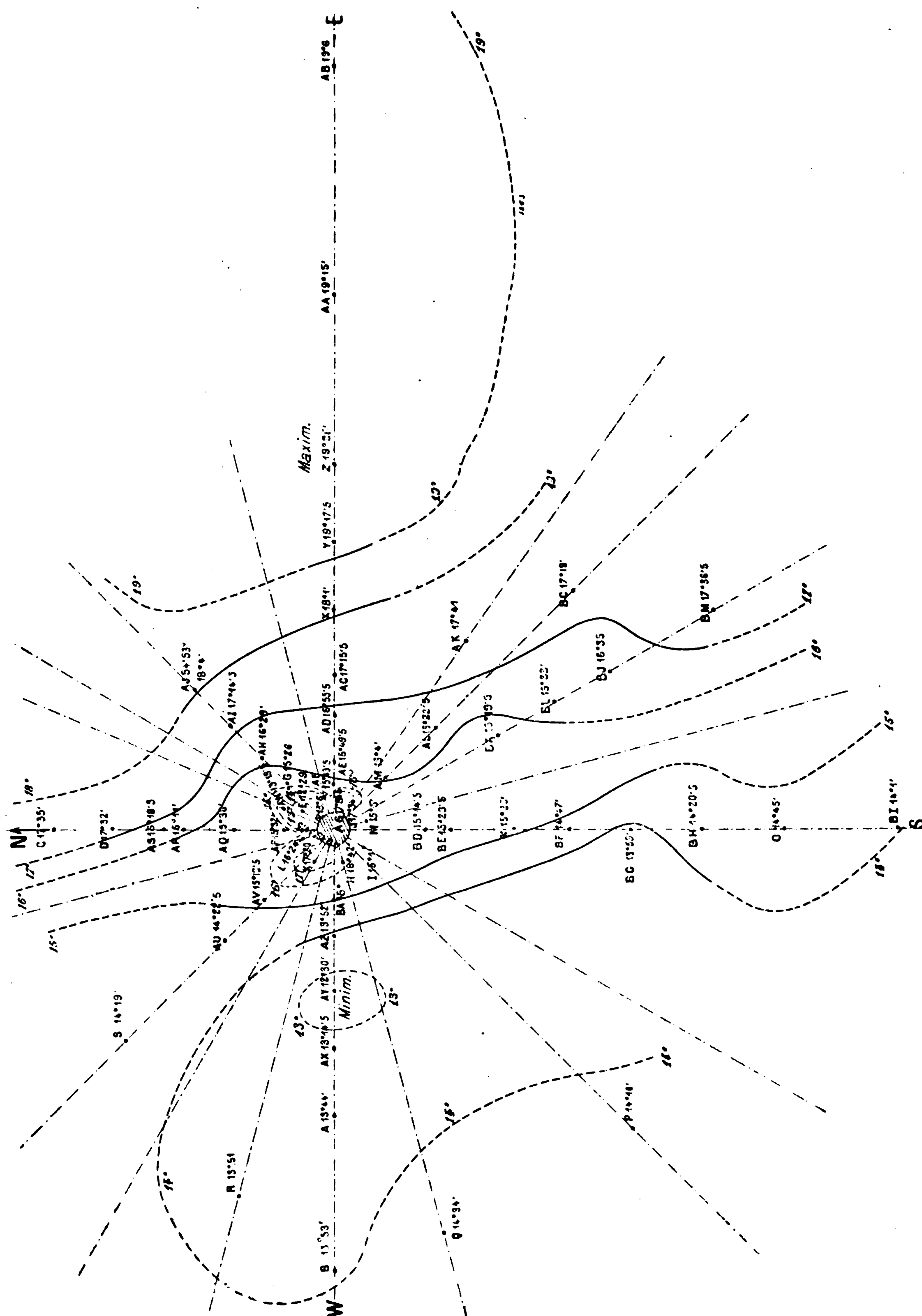


Fig. 1. — Carte des isogones sur le sommet du Puy de Dôme.

» Ce point AB est à 80 m environ au-dessus du niveau de la tour, il est sur le flanc qui regarde Clermont et où la pente varie de 38 degrés à 43 degrés, ce qui rend les mesures particulièrement pénibles et dangereuses.

» M. David continue les mesures de composante horizontale et celle d'inclinaison qui permettent de calculer la composante verticale. Les belles recherches, toutes récentes, de M. Mathias, donnent à ce dernier élément une importance toute générale.

» Les résultats déjà obtenus nous ont montré l'importance qu'il y aura, si l'on nous en fournit les moyens, à entreprendre en un point du Puy de Dôme, l'étude et l'enregistrement des variations magnétiques dans le temps ; il sera intéressant de voir si en un lieu soumis à de telles perturbations dans l'espace, les variations dans le temps sont différentes de ce qu'elles sont en des stations régulières.

» Nous nous proposons, de plus, d'entreprendre concurremment à ces mesures, l'étude des courants telluriques sur la ligne télégraphique qui relie l'observatoire à la Faculté des sciences, joignant ainsi deux points ayant une différence de niveau de plus de 1 000 m par 9 600 m de distance horizontale et 14 km environ de fil de ligne. »

Sur les variations de volume dues à l'aimantation, par **Ch. Maurain**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Rennes.

Au cours de recherches encore inachevées sur les propriétés magnétiques des corps constitués par des poudres de fer ou de nickel agglutinées, par de la paraffine par exemple, M. Maurain a étudié la variation de volume qu'éprouvent ces corps au moment où on les soumet à l'action d'un champ magnétique. Il a reconnu que pour ces agglomérés c'est une *diminution* de volume qui se manifeste tandis que, d'après les expériences de nombreux auteurs [1] et les siennes propres, c'est une *augmentation* de volume qui se produit avec le fer et le nickel compacts.

Dans sa communication, M. Maurain décrit l'appareil qu'il a employé pour mesurer ces variations de volume, puis donne les résultats qu'il a obtenus d'une part avec les poudres de fer et de nickel agglutinées, d'autre part avec ces métaux compacts.

1. Le dilatomètre est un récipient cylindrique allongé, de verre, fermé par un bouchon de verre creux, rodé à l'émeri et qui porte deux tiges verticales ; l'une est à canal capillaire ; l'autre est à conduit plus large et porte un robinet rodé, au-dessus duquel est un petit entonnoir. Les barreaux à étudier sont placés dans le dilatomètre et celui-ci est ensuite rempli d'eau. Le tout est plongé dans un cylindre de verre rempli d'eau et sur lequel est enroulée la bobine magnétisante, dont la longueur est environ le double de celle des barreaux les plus longs. Le niveau de l'eau dans le tube capillaire du dilatomètre est observé avec un microscope dont l'oculaire est muni d'un micromètre.

Les noyaux étudiés étaient sous forme de barreaux cylindriques de 1 cm de diamètre et de 40 à 50 cm de longeur ; le facteur démagnétisant correspondant est compris entre 0,016 et 0,023. Pour les cylindres de poudre-paraffine, l'aimantation étant assez faible, le champ perturbateur est très faible et l'aimantation à très peu près uniforme ; elle n'est pas bien éloignée non plus de l'uniformité pour les barreaux compacts.

---

(1) Cantone. *Accad. d. Lincei*, t. VI, p. 252 et 487, 1890. — Knott. *Proc. Roy. Soc. Edimb.* t. XVIII, p. 315, 1891 — *Trans. Roy. Soc. Edimb.*, t. XXXVIII, p. 527, 1896, et t. XXXIX, p. 457, 1898. — Knott et Shand, *Proc. Roy. Soc.*, t. XIX, p. 85 et 249, 1892 ; t. XX, p. 295 et 334, 1893-94, et t. XXII, p. 216, 1898. — S. Bidwell. *Proc. Roy. Soc.*, t. LVI, p. 94, 1894. — Nagaoka et Honda. *Phil. Mag.* (v), t. XLVII, p. 262, 1898 ; *Journ. Sc. Coll. Tokio*, t. IX, p. 252, 1898, et t. XIII, p. 57, 1901. — Nagaoka. Rapport au *Congrès de Physique de Paris*, t. II, p. 536, 1900. — F. Rhoads. *Phil. Mag.* (vi), t. II, p. 463, 1901.

Aciers au nickel : Nagaoka et Honda et Ch.-Ed. Guillaume. *C. R. de l'Acad. d. Sc.*, 3 mars 1902.

II. Les résultats obtenus avec les agglomérées dans un champ de 270 gauss sont résumés dans le tableau suivant :

Nature du barreau.	Densité en fer ou nickel.	$\frac{\delta v}{v}$
Limaille de fer-paraffine	2,07	— 3,4. 10^{-7}
Fer porphyrisé-paraffine	2,65	— 3,7
Limaille de fer-naphtaline	2,1	— 1,5
Limaille de nickel-paraffine.	2,23	— 1,1

Dans des expériences comparatives faites avec des barreaux de paraffine pure, aucune dénivellation ne s'est produite au moment où on lançait le courant magnétisant.

III. Passant aux expériences relatives à la variation de volume de barreaux de fer ou de nickel compact, M. Maurain commence par en discuter le degré d'exactitude.

Au moment où on lance le courant magnétisant, on observe une dénivellation qui correspond à un accroissement de volume, mais cette variation de volume est la résultante de celle due à l'action même de l'aimantation et de celle due aux phénomènes thermiques qui accompagnent la production du champ.

Ces phénomènes thermiques sont complexes : 1° on sait que l'hystérésis cause un phénomène thermique, qu'on ne considère habituellement que pour un cycle fermé mais qui existe pour toute variation de l'aimantation et qui, quand on fait croître le champ, est un dégagement de chaleur ; 2° la variation du champ entraîne la formation dans la masse de courants induits, d'où un dégagement de chaleur ; 3° le phénomène mécanique de l'augmentation de volume du noyau sous l'action du champ est concomittant d'un phénomène thermique qui est une absorption de chaleur ; 4° si la perméabilité magnétique du noyau varie avec la température, à l'établissement de l'aimantation correspond un phénomène thermique qui est un dégagement de chaleur si la perméabilité décroît quand la température croît.

Le dernier de ces phénomènes est négligeable pour le fer et le nickel à la température ordinaire, mais les trois autres ne le sont pas. On le constate de la manière suivante : le niveau étant immobile, on lance le courant magnétisant ; une dénivellation se produit ; aussitôt on interrompt le courant ; le niveau ne revient pas jusqu'à sa portion primitive ; une augmentation de volume s'est donc maintenue. On peut évaluer cette augmentation avec quelque précision en fermant et ouvrant très rapidement dix fois, par exemple, le circuit magnétisant et en divisant par ce nombre la dénivellation totale. On obtient ainsi la variation de volume due aux actions calorifiques de l'hystérésis et des courants de Foucault pour une fermeture et une ouverture du courant magnétisant [1]. Mais on n'en peut rien conclure relativement aux actions calorifiques qui se produisent quand on établit le champ, sinon que celles-ci sont sans doute du même ordre de grandeur. Il faut remarquer d'ailleurs que l'absorption de chaleur concomittante de l'augmentation de volume par aimantation se retranche du dégagement dû à l'hystérésis et aux courants de Foucault.

La méthode du dilatomètre ne donne donc de résultats bien certains que si on peut montrer, par l'expérience ou par le raisonnement, que dans le cas qu'on étudie les phénomènes thermiques ont une influence négligeable ou connue. Par exemple, dans les expériences rapportées plus haut relatives aux barreaux agglomérés, les résultats ne semblent entachés d'aucune erreur sensible car le niveau revient à sa portion primitive quand on supprime le champ.

[1] L'action calorifique du courant magnétisant lui-même ne se manifeste, à travers l'eau qui remplit la bobine, qu'assez longtemps après, une ou deux minutes, par exemple, de sorte que l'observation de la dénivellation dont il est parlé ici est bien nette.

Voici maintenant les résultats obtenus avec des baricaux compacts :

Pour un cylindre de nickel de 50 cm de long et 1 cm de diamètre et un champ de 264 gauss l'augmentation de volume est de 1.10^{-7} ; la chaleur due à l'hystérésis et aux courants de Foucault ne produisait pas de dénivellement appréciable.

Pour un cylindre d'acier de 50,5 cm de long et 1 cm de diamètre, la dénivellation produite par un champ de 260 gauss correspondait à une augmentation de volume de $2,4.10^{-7}$; mais ici la dilatation due à l'hystérésis et aux courants de Foucault n'était plus négligeable et était d'environ $0,5.10^{-7}$ pour une fermeture et une ouverture du courant magnétisant ; on peut en conclure à une dilatation certaine par l'action de l'aimantation, de l'ordre de 2.10^{-7}.

Enfin pour un barreau de fer de 50,5 cm de long et 1 cm de diamètre, la dénivellation produite par un champ de 250 gauss correspondait à une augmentation de volume de $0,5.10^{-7}$; mais la dilatation due à l'hystérésis et aux courants de Foucault pour une fermeture et une ouverture du courant magnétisant était presque aussi grande, $0,4.10^{-7}$, de sorte que, s'il est probable que le phénomène dû à l'aimantation est, pour cette valeur du champ, un accroissement du volume, cet accroissement est faible.

Sur une nouvelle pile électrique à l'aluminium, par **Nogier** (de Lyon).

Au cours de recherches sur l'aluminium, l'auteur a retrouvé un curieux phénomène qu'avait déjà signalé M. Kraukoff [1] et relatif à l'extrême altérabilité de l'aluminium amalgamé.

Dès qu'on a procédé à l'amalgamation de la surface d'une lame de ce métal, on voit, à l'air, une végétation d'alumine monter drue et serrée. Le commencement de l'oxydation est accompagné d'une élévation considérable de la température. Plongée dans l'eau, la lame d'aluminium décompose ce liquide en continuant à s'oxyder et l'on voit se dégager de l'hydrogène.

Si l'on place un crayon de charbon dans cette eau et que l'on réunisse la lame d'aluminium et la baguette de charbon à un galvanomètre, on voit aussitôt une brusque déviation de l'aiguille. Mesurée au voltmètre, la force électromotrice de cet élément de pile a été trouvée égale à 1,3 volt.

Si l'on additionne l'eau de chlorure de sodium, la force électromotrice atteint 2 volts.

En circuit fermé, la différence de potentiel baisse de quelques dixièmes de volts pour rester ensuite sensiblement constante jusqu'à la destruction de la lame d'aluminium par l'effet de l'oxydation.

Comme application spéciale de cette pile, l'auteur signale la suivante : « remplacer les piles-jouets que l'on donne aux enfants et qui comportent toutes des sels corrosifs ou toxiques ».

(*A suivre.*)

J. Blondin.

[1] *Journ. de Physique* (III), t. III, p. 139, et *Annales de Chimie et de Physique* (VI), t. VII, p. 248.

SOUPAPES DE SURETÉ POUR CHAUDIÈRES A VAPEUR

On a pu voir dans les comptes rendus de divers journaux les accidents auxquels ont donné lieu récemment des explosions de chaudières à vapeur.

Dans l'espace de quelques jours, trois locomotives ont éclaté, deux en France et une en Espagne.

Il est donc naturel de rechercher les causes de ces accidents.

La raison le plus souvent invoquée pour expliquer ces explosions repose sur la formation d'un dépôt calcaire sur les parois internes de la chaudière par les eaux d'alimentation insuffisamment épurées. Outre cette cause, il en est une certainement aussi vraisemblable due à l'inefficacité des soupapes employées jusqu'ici.

D'après les règlements concernant les soupapes de sûreté des chaudières à vapeur, la section du canal d'échappement de la vapeur dans ces organes doit être de grandeur telle que l'orifice de ce canal étant ouvert en grand, la pression dans la chaudière ne puisse, en aucun cas, dépasser la valeur compatible avec la résistance de cette chaudière.

On sait d'ailleurs que dans le cas où le clapet obturateur présente à l'orifice de sortie une face plane, cet orifice ne peut être ouvert en grand que si la distance de cette face au plan défini par le contour de l'orifice est au moins égal au quart du diamètre de cet orifice. Cette distance de quart de diamètre du canal que nous supposons cylindrique est le soulèvement minimum que doit atteindre le clapet, car, si ce clapet a la forme conique ou s'il présente une saillie quelconque pénétrant dans l'intérieur du canal, la hauteur de soulèvement du clapet devra être supérieure au quart du diamètre de l'orifice du canal pour que celui-ci puisse être ouvert en grand.

Du moment qu'on a jugé nécessaire de prescrire un minimum de section du canal d'échappement de la vapeur pour parer à toute éventualité et en particulier au cas où la pression dans la chaudière viendrait à acquérir rapidement une valeur voisine de sa limite de résistance, il est de toute nécessité, si l'on veut conserver à la soupape toute l'efficacité qu'on a eu l'intention de lui donner, que la hauteur de soulèvement du clapet puisse acquérir la valeur voulue sous la pression de la vapeur sans que la pression dans la chaudière dépasse notablement la valeur pour laquelle la soupape commence à débloquer.

Or, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte, les soupapes employées universellement jusqu'ici sont loin de réaliser ces conditions et cela *parce qu'elles ferment en sens inverse de la pression de la vapeur sur la paroi de la chaudière.*

On sait que l'on peut classer ces soupapes en deux groupes.

Premier groupe. — Soupapes dans lesquelles la pression de la vapeur sur le clapet est équilibrée par un ressort.

Deuxième groupe. — Soupapes dans lesquelles la pression de la vapeur sur le clapet est équilibrée par un contrepoids par l'intermédiaire d'un levier.

Considérons d'abord le premier groupe.

Le clapet hermétiquement appliqué contre son siège (fig. 1) et la pression dans la chaudière augmentant, la poussée que la vapeur exerce sur la face interne du clapet finit par devenir égale à la tension du ressort directement opposée à cette poussée.

Dès lors, le clapet se soulève (fig. 2) et la vapeur s'échappe dans l'atmosphère. Suivant la grandeur des causes qui font augmenter la pression dans la chaudière, il peut se faire que ce soulèvement du clapet soit suffisant pour empêcher toute augmentation nouvelle de la pression, mais il peut arriver aussi qu'il soit insuffisant pour empêcher cette augmentation.

Dans ce cas, l'augmentation de pression dans la chaudière, nécessaire pour provoquer un nouveau soulèvement du clapet, équivalent au premier, n'est nullement en rapport simple avec l'augmentation de pression qui a produit le soulèvement précédent; en d'autres termes, si P_0 désigne la pression dans la chaudière au moment où le clapet commence à ouvrir et si l'on représente par $\Delta_1 P$, et $\Delta_2 P$... les accroissements de pression capables de produire des ouvertures

d'échappement dont l'effet utile soit représenté par 1, 2..., il n'y a aucune proportionnalité simple entre $\Delta_1 P$ et $\Delta_2 P$. Ces accroissements de pression dans la chaudière augmentent beaucoup plus rapidement que ne l'indique la loi de proportionnalité simple.

En effet, à partir de la pression P_0, le clapet n'est plus repoussé que par la vapeur détendue dont la pression sur le clapet est nécessairement moindre que dans la chaudière.

D'autre part, la tension du ressort ayant augmenté par le fait du refoulement du clapet, sa sensibilité a diminué.

Chacune de ces causes provoque, pour son propre compte, une augmentation de pression parasite dans la chaudière de sorte que l'augmentation totale de la pression est égale à la somme de leurs effets.

De quel ordre de grandeur est cette augmentation de pression dans la chaudière?

Rien n'indique *a priori* que cet augmentation de pression ne soit pas la cause principale de

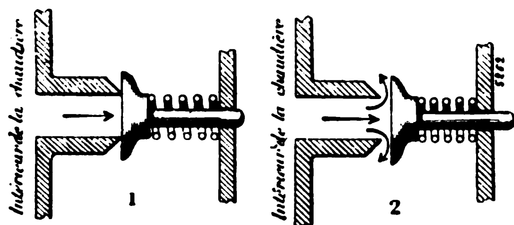


Fig. 1 et 2. — Disposition des soupapes ordinaires.

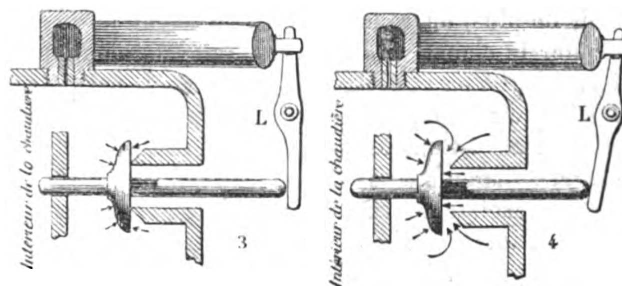


Fig. 3 et 4. — Disposition des soupapes Fournier.

l'explosion des chaudières car, si le deuxième effet peut être à peu près déterminé, il n'en est pas de même du premier; en effet, les lois actuellement connues sur l'écoulement des gaz ne permettent pas de calculer la pression en un point du jet gazeux situé à une distance déterminée de l'orifice d'échappement pas plus que la force vive des molécules gazeuses qui viennent frapper la face interne du clapet. Dans tous les cas, ce qui est certain, c'est que dans maintes circonstances, on a pu constater sur des chaudières devant travailler à une pression bien déterminée, des accroissements de pression anormaux souvent supérieurs de plusieurs atmosphères à la pression normale de fonctionnement et cela malgré l'ouverture de la soupape. Il est d'ailleurs de toute évidence que chaque fois que cet accroissement a pu provoquer une explosion, il a été impossible d'en relever la valeur numérique, de sorte qu'il a été également impossible de dire de quelle maladie la chaudière avait trépassé. L'expérience directe seule peut renseigner à ce sujet.

Dans les soupapes à contrepoids, le premier effet subsiste intégralement.

Quoiqu'il en soit, il est intéressant de comparer, au point de vue qui nous occupe, le type de soupapes que nous venons de considérer au type de soupape fermant de dedans en dehors de la chaudière, c'est-à-dire dans le sens de la pression de la vapeur.

Soit donc (fig. 3 et 4) une soupape de ce genre telle que celle que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences dans sa séance du 15 février 1897. — Cette soupape est actionnée par un organe extérieur représenté par un tube manométrique ordinaire dont l'une des extrémités est en relation avec l'intérieur de la chaudière et dont l'autre, libre et fermée, peut, pour une augmentation de la pression dans la chaudière, faire ouvrir la soupape par l'intermédiaire d'un levier L.

On voit que si la soupape est hermétiquement fermée, les pressions qui agissent sur le clapet sont : d'une part, la pression dans la chaudière, d'autre part, la pression atmosphérique sur toute la surface du cercle défini par le contour de l'orifice d'échappement. La pression dans la chaudière augmentant, cette pression acquiert bientôt la valeur P_0 pour laquelle l'effort exercé par le tube manométrique, par l'intermédiaire du levier, sur la tige du clapet fait équilibre à la résultante des pressions qui appliquent ce clapet contre son siège. A partir de ce moment, toute aug-

mentation de pression a pour effet de repousser ce clapet vers l'intérieur de la chaudière et, par suite, de faire démasquer l'orifice d'échappement comme le représente la figure 4.

Or, il est facile de voir que, dès l'ouverture de l'orifice, la pression atmosphérique qui agissait précédemment sur le clapet en tous les points de la surface du cercle défini par le contour de l'orifice est remplacée par la pression de la vapeur partiellement détendue, c'est-à-dire par une pression plus grande qui tend à refouler le clapet vers l'intérieur de la chaudière et, par suite, à augmenter la grandeur de l'orifice d'échappement de la vapeur.

Plus le clapet est refoulé, plus la pression de la vapeur augmente sur la surface du cercle considéré, de sorte que la résultante des pressions qui tend à appliquer le clapet contre son siège diminue au fur et à mesure que l'orifice d'échappement augmente. Il en résulte que l'effort à exercer sur la tige du clapet pour démasquer l'orifice d'échappement est de plus en plus petit à mesure que cet orifice grandit. C'est précisément l'inverse qui a lieu avec les soupapes ordinaires.

Si, de plus, on remarque que l'élongation de l'extrémité libre du tube manométrique chargé de refouler le clapet vers l'intérieur de la chaudière est proportionnelle à la pression dans la chaudière (pour s'en convaincre, il suffit de remarquer que les traits de la graduation d'un manomètre métallique sont équidistants, sauf au voisinage immédiat du zéro), on en conclura, qu'avec la soupape fermant dans le sens de la pression de la vapeur et munie du tube manométrique comme ressort antagoniste, une même augmentation de pression dans la chaudière produira toujours un même accroissement de l'ouverture d'échappement de la vapeur.

En d'autres termes, dans ce type de soupape l'augmentation de l'orifice d'échappement est toujours proportionnelle à l'accroissement de la pression dans la chaudière, contrairement à ce qui a lieu avec la soupape fermant en sens contraire de la pression où cette augmentation est une fonction très compliquée de cet accroissement, dépendant à la fois des lois de l'écoulement et de la détente des gaz ainsi que de la loi de flexibilité du ressort.

Ajoutons qu'en choisissant convenablement les dimensions du tube manométrique ainsi que le rapport des bras du levier, on peut toujours faire en sorte que la pression dans la chaudière, lorsque le clapet est ouvert en grand, soit sensiblement la même que lorsque le clapet commence à démasquer l'orifice d'échappement.

Il ne serait pas possible de multiplier ainsi à volonté la sensibilité d'une soupape ordinaire fermant en sens inverse de la pression puisque la force qui actionne le clapet d'une telle soupape est appliquée au clapet même.

On voit donc, en résumé [1], que les soupapes de sûreté employées jusqu'ici n'ont pas l'efficacité voulue au point de vue des dangers d'explosion qu'elles devraient prévenir et que la seule soupape de sûreté rationnelle, celle sur l'efficacité de laquelle on peut compter d'une façon absolue, est la soupape fermant dans le sens de la pression de la vapeur sur la paroi interne de la chaudière. D'ailleurs, l'emploi de la soupape de sûreté fermant dans le sens de la pression sur les parois internes de la chaudière se recommande encore par sa parfaite étanchéité, qualité non moins évidente que la précédente.

En effet, pendant tout le temps que fonctionne la chaudière sous sa pression normale, ce qui est le cas de beaucoup le plus fréquent puisque ce n'est qu'accidentellement et très rarement que la soupape doit s'ouvrir, le clapet occupe la position de la figure 3 où l'extrémité du levier ne touche pas la tige de ce clapet.

Dans cette position qui, nous le répétons, est la position à peu près permanente du clapet, ce clapet est appliqué contre son siège par une force égale à la section de l'orifice multipliée par la pression dans la chaudière. A cette force, n'est opposée aucune force antagoniste pour diminuer son effet sur le clapet, car ce n'est qu'au moment où la pression dans la chaudière acquiert un accroissement anormal que l'extrémité du levier L, actionné par le tube manométrique, vient contrebalancer l'effet de cette pression pour faire ouvrir la soupape.

---

(1) Note présentée à l'Académie des sciences dans sa séance du 28 juillet 1902.

Au contraire, dans les soupapes ordinaires, qui toutes ferment en sens inverse de la pression de la vapeur sur les parois internes de la chaudière, la force dont nous venons de parler tend constamment à faire ouvrir le clapet en agissant en sens inverse de la tension du ressort ou du contrepoids qui doit fermer ce clapet, de sorte que l'effort qui applique le clapet contre son siège, c'est-à-dire *l'effet utile*, n'est que la différence de ces deux forces.

De là résulte, pour la soupape de sûreté fermant dans le sens de la pression de la vapeur sur les parois internes de la chaudière, une étanchéité dont les soupapes ordinaires ne sauraient être susceptibles.

J. Fournier.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION

Sur la capacité des longues lignes de transmission pour les transports d'énergie, par **Sartori**. — *L'Elettricista*, t. I, p. 41, 1er février 1902.

La considération des images virtuelles, introduite par Lord Kelvin et récemment appliquée par J. Thomson à la théorie des moteurs à champ tournant, peut s'appliquer à la recherche de la capacité d'une ligne électrique aérienne, composée de plusieurs conducteurs en présence du sol.

L'influence de la terre, qui constitue un écran métallique au potentiel zéro, n'est pas à négliger quand les tensions sont élevées et que la ligne est de grande longueur. Ferraris a montré que la capacité d'un conducteur par rapport à un plan indéfini ou à la terre est par unité de longueur

$$C = \frac{1}{2 \log \frac{2d}{r}},$$

r étant le rayon du conducteur et d la distance de son axe au plan. Cette capacité est double de celle que le conducteur présenterait avec un autre conducteur symétrique par rapport au plan. On peut donc remplacer la terre par le second conducteur à la condition de ne prendre comme expression de la capacité que la valeur moitié.

Supposons le conducteur ayant une charge q par unité de longueur et concentrée suivant l'axe, le potentiel à la surface du conducteur sera

$$V = \frac{q}{C};$$

d'où, si $2d = D$

$$V = 2q \log \frac{D}{r}.$$

Les surfaces équipotentielles au dehors du fil se déforment graduellement, le maximum de déformation étant dans la région comprise entre le conducteur et la terre qui constitue la surface

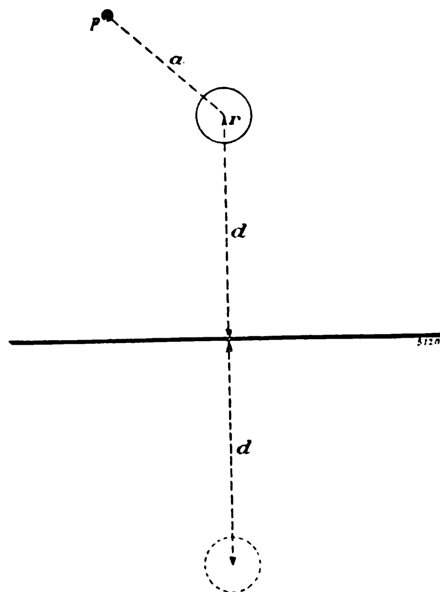


Fig. 1.

de niveau $V = 0$. Mais dans la région entourant le fil, si celui-ci est assez écarté de la terre (de 6 à 10 m), les surfaces équipotentielles dues à la charge q peuvent être considérées comme cylindriques et concentriques au fil et cela avec une

approximation au moins égale au dixième de la distance indiquée plus haut. C'est entre ces limites que se trouvent en pratique les autres conducteurs de la ligne. Le potentiel au point P dû à la charge q (fig. 1), est

$$V_1 = 2q \log \frac{D}{a},$$

et s'il y a plusieurs conducteurs

$$V_1 = 2q \Sigma \log \frac{D}{a}.$$

Si en P il y a un conducteur, le potentiel V est considéré comme existant à sa surface et la charge q comme concentrée le long de l'axe, pour celui-ci $a = r$ et l'on peut prendre comme distance à un autre conducteur la distance des axes des fils.

Pour chaque conducteur on a une équation de la forme

$$V = 2 \Sigma q \log \frac{D}{a}$$

et si chacun d'eux se trouve à un potentiel déterminé on peut tirer de là la valeur de q et en déduire la capacité.

L'auteur applique ces résultats au cas d'une ligne triphasée de 60 km : les conducteurs ont

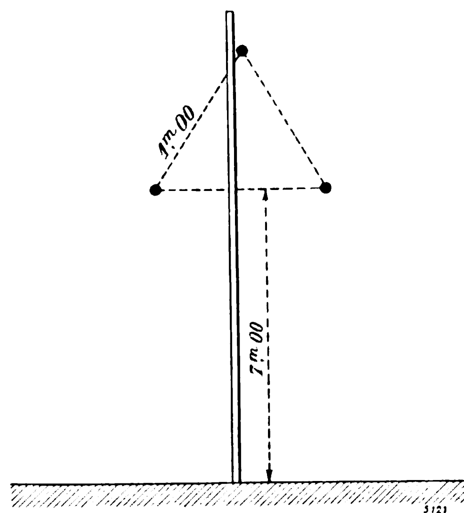


Fig. 2.

8 mm et sont disposés au sommet d'un triangle équilatéral de 1 m de côté, les deux fils inférieurs étant à 7 m du sol (fig. 2). Il trouve

$$C_1 = 10\,170 \text{ unités absolues par km}$$

ou

0,0113 microfarad par km.

Si l'on employait la formule habituelle relative à deux conducteurs distants de 1 m, négligeant par là l'influence de la terre, on trouverait 4 545 unités absolues, soit une erreur de 50 p. 100 en moins. On en déduit que dans le cas d'une ligne triphasée simple on peut prendre pour capacité d'une longueur l du fil,

$$C = \frac{l}{2 \log \frac{a}{r}}.$$

Il est à noter que dans les cas des grandes transmissions la capacité ne peut entrer en jeu que si les distances et les tensions sont très grandes. La réactance leydique dépendant de cette capacité tendra à combattre la réactance faradique qui est du reste relativement petite et toutes deux pourront entrer en jeu dans le cas de décharge ou au moment de la fermeture du circuit ou de son ouverture, engendrant des tensions anormales contre lesquelles il faut prendre les précautions que la pratique a conseillées.

La capacité est augmentée encore par celle des isolateurs et par la présence de soutiens métalliques et de réseau de protection.

G. Goisot.

Dispositif pour le démarrage et la commande des treuils à double effet actionnés électriquement, par variation du nombre d'éléments d'une batterie d'accumulateurs. Brevet allemand n° 129 049 du 7 mars 1901. *Centralblatt fur Accumulatoren Elementen- und Accumobilenkunde*, 3e année, n° 12, p. 160-161, 15 juin 1902.

Dans les machines d'extraction commandées électriquement, qui ont une vitesse relativement grande, les pertes d'énergie dans les résistances de démarrage sont telles que le rendement de l'ensemble en est grandement affecté. Il y a donc lieu de diminuer autant que possible ces pertes; avec le courant continu, on peut y arriver en faisant croître peu à peu la tension.

Quand on a une génératrice actionnant uniquement la machine d'extraction, on peut naturellement y arriver en faisant varier l'excitation, mais alors le moteur de la génératrice a une charge variant de 0 à un maximum. Il est bon d'avoir une batterie d'accumulateurs intercalée

qui permette de maintenir la charge de la génératrice constante.

En augmentant peu à peu le nombre d'éléments actionnant le ou les moteurs d'extraction, on peut arriver à un démarrage économique. Dans ce cas, il faut prendre des dispositions spéciales car les éléments mis les premiers en service se déchargent naturellement beaucoup plus que les autres. Pour égaliser la décharge on a proposé, après chaque ascension de la cage, de faire passer l'élément qui avait été le premier en service, d'un pôle à l'autre, de manière qu'à la montée suivante il soit mis le dernier en service et se décharge le moins. On peut arriver à ce résultat soit en chargeant un agent de la manœuvre, soit en installant un dispositif automatique; mais l'inconvénient est que les changements doivent se faire pendant que la batterie est chargée par la génératrice.

Dans les machines d'extraction à double effet, dans lesquelles une des cages monte, tandis que l'autre descend, on peut profiter du changement de sens de rotation du moteur pour arriver à une décharge régulière des éléments de la batterie sans avoir à faire varier leurs connexions. Lors de la montée de l'une des cages, le démarrage est obtenu en augmentant peu à peu à partir de l'un des pôles le nombre des éléments en service; lors de la montée de l'autre cage, le nombre d'éléments augmente par contre à partir de l'autre pôle.

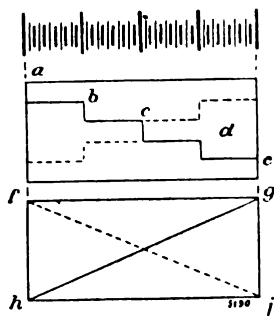


Fig. 1.

Comme pendant la période de démarrage, l'intensité du courant ainsi que l'accélération correspondante sont constantes, on a comme diagramme de décharge des divers éléments, la surface limitée par la ligne *abcde* (fig. 1), dans le cas où la batterie est divisée en quatre groupes d'éléments; si le nombre des éléments était infini, la décharge serait représentée par la surface du triangle *fjh*. On voit de suite que dans la montée suivante, les surfaces ont des positions opposées, de sorte qu'après une double course, les éléments sont déchargés uniformément, la somme des ordonnées correspondantes des deux surfaces étant constante.

Le montage des appareils de démarrage pour arriver à ce résultat, peut être fait de diverses manières; la figure 2 en montre un exemple : *i*, *k*, *l*, *m*, *n* est la batterie divisée en quatre groupes; *q* et *r* sont deux séries de contacts, sur lesquelles viennent glisser deux frotteurs *o* et *p*, qui sont reliés à l'induit (respectivement les induits) du moteur actionnant le treuil. La position des frotteurs en *s* correspond à l'arrêt. Il est facile de voir que quand les frotteurs se dé-

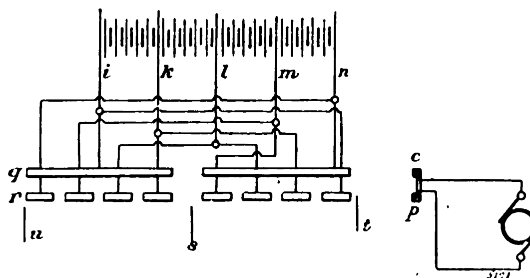


Fig. 2.

placent de *s* vers *t*, les groupes d'éléments s'ajoutent dans un certain sens et le moteur tourne dans un sens donné, tandis que quand les frotteurs se déplacent de *s* en *u*, les groupes d'éléments s'ajoutent dans le sens opposé et le moteur tourne en sens inverse.

Le nombre de groupes d'éléments peut être quelconque; il n'est pas non plus nécessaire qu'il y ait le même nombre d'éléments dans chaque groupe. En employant quatre groupes, la perte d'énergie au démarrage est déjà considérablement réduite; comme d'une part les mesures de l'état de charge des groupes sont facilitées, et d'autre part les appareils sont simplifiés par l'emploi d'un petit nombre de groupes, on ne doit pas dépasser de beaucoup ce chiffre.

Comme les conditions d'exploitation exigent qu'après le démarrage des machines d'extraction, la vitesse puisse avoir pendant un certain temps une valeur très faible, il faut diminuer le nombre des éléments des groupes extrêmes *v* et *w* (fig. 3). Dans ce cas, ces groupes se déchargent plus que les autres; pour remédier à cet incon-

vénient, on installe une petite commutatrice représentée sur la figure 3 par les trois induits x, y, z, provoquant dans chaque partie de la batterie une charge correspondant à la décharge.

Afin d'éviter des sauts trop brusques de tension, lorsque l'on ajoute ou l'on retire des

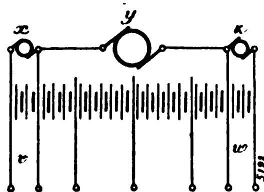


Fig. 3.

groupes d'éléments, on installe des résistances étagées entre les contacts établissant les divers groupements. Ces résistances, vu les faibles pertes qu'elles occasionnent, ont naturellement des dimensions très réduites. F. Loppé.

DIVERS

Dissymétrie de la courbe électro-capillaire, par **F.-F. van Laar**. *Versl. Kon. Akad. Wet., Amsterdam*, p. 753-769, mars 1902.

Après avoir exposé les principes de la théorie électro-chimique de l'électromètre capillaire, formulée par Nernst, Planck, etc., et qui représente les faits expérimentaux bien mieux que la théorie dite du courant de charge de Helmholtz, l'auteur définit la courbe électro-capillaire, celle exprimant la tension superficielle γ du mercure, en fonction de la différence de potentiel Δ à la petite surface, donnée par l'équation

$$E = \Delta - \Delta_0,$$

E étant la force électromotrice intercalée, Δ_0 la valeur initiale de Δ.

Pour établir les conditions d'équilibre entre le mercure et la solution (où se trouvent des ions de mercure), l'auteur considère le passage virtuel d'un ion $\overset{++}{Hg^2}$ de la solution à travers la surface limite au mercure. Or, dans ce passage, on n'a, jusqu'à ce jour, pas dûment eu égard aux altérations de la surface limite. En effet, dès qu'un ion $\overset{++}{Hg^2}$ a quitté la solution, un ion $\overline{SO^4}$ (ou des ions $\overline{Cl}$), se trouvant en excès, se rendra vers cette surface, en même temps que les électrons positifs rendus libres dans le mercure.

M. Van Laar démontre que le terme $\frac{\partial\sigma}{\partial\omega}$, exprimant la variation de l'énergie superficielle résultant de ce chef, introduit, dans l'équation de la courbe électro-capillaire, la dissymétrie représentée par la figure 1, où les tracés en

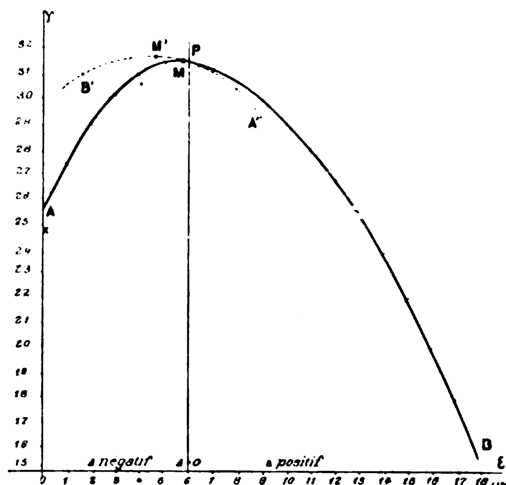


Fig. 1.

pointillé figurent la continuation des deux branches de la courbe, pour le cas où la symétrie serait parfaite.

L'auteur, après avoir vérifié ses résultats théoriques sur une série d'expériences de Smith (¹), résume ainsi ses conclusions :

1° La tension superficielle, en fonction de la charge de la couche double, n'est point représentée par l'équation $\gamma = \varphi_0 - R\omega^2$, mais par la relation plus compliquée

$$\gamma = \varphi_0 - A\omega - (R + \beta)\,\omega^2,$$

ω étant la densité superficielle de la charge de cette couche, R étant donné par l'équation $R = -\frac{\Delta}{\omega}$.

2° Les coefficients A et β, correspondant à une charge négative de la solution, ne sont point égaux aux valeurs qu'ils prennent, Δ étant positif (pour une solution 0,10 normale de K Cl), $R + \beta$ étant dans le premier cas plus de deux fois plus grand que dans le second, tandis que A est négatif dans l'un, positif dans l'autre de ces cas.

3° C'est pour cela que la courbe électro-capillaire se compose de deux branches paraboliques

(¹) *Zeitschr. Phys. Chem.*, t. XXXII, p. 460 et 467 (1900).

entièrement différentes, se raccordant pour $\Delta = 0$, et dont la branche ascendante est bien plus rapide que la branche descendante.

4° La branche ascendante possède un maximum qui ne coïncide pas nécessairement avec le point $\Delta = 0$, la différence se montant à 40 millivolts dans le cas considéré.

5° Toutes les particularités de cette courbe, observées jusqu'ici, s'expliquent aisément par ce qui vient d'être dit.

6° D'après 4°, l'électromètre capillaire ne paraît point se prêter à une détermination exacte de la différence de potentiel entre un métal et un électrolyte. A. Gradenwitz.

Contribution à l'étude de la dissymétrie des courants alternés, par **B. Mitkiewicz**. *Journ. Soc. Phys. Chim. Russe*, t. XXXIV, 2b1. p. 17-29, 1902.

Ayant énoncé l'opinion que les phénomènes accompagnés d'une dissymétrie du courant alterné et ayant lieu dans le redresseur à lame d'aluminiun et dans l'interrupteur de Wehnelt, sont analogues à ceux présentés par le cas plus simple de l'arc voltaïque, l'auteur se propose d'étudier plus particulièrement celui-ci.

Les expériences de Jamin et Maneuvrier, Blondel, Arons, Lang, et d'autres physiciens, ont établi que la moindre asymétrie des électrodes, entre lesquelles passe l'arc voltaïque à courant alterné entraîne une dissymétrie de ce dernier M. Mitkievicz appelle, d'une manière toute spéciale, l'attention sur les recherches de Blondel, dont il résulte l'existence de deux régimes, l'un pour les arcs inférieurs à 1 mm de longueur, caractérisé par une asymétrie peu sensible, et qui passe d'une manière tout à fait discontinue au second régime, à dissymétrie très considérable.

Pour examiner l'hypothèse de Lang et Arons, suivant laquelle les dissymétries en question seraient dues au fait bien connu que, dans le cas d'électrodes asymétriques et d'un courant continu, il faut, pour obtenir un arc d'une longueur donnée, des différences de potentiel différentes selon le sens du courant, l'auteur étudie de plus près la question de la force électromotrice antagoniste, dont l'existence, au lieu d'une « résistance au passage », semble définitivement prouvée par les recherches de Duddell [1].

M. Mitkievicz, pour mesurer directement cette dernière, détermine, par une méthode oscillographique, en se servant d'un tube de Braun la courbe des différences de potentiel aux électrodes de l'arc, au moment même où celui-ci se produit.

Comme on le voit par la figure 1, cette courbe présente deux discontinuités, l'une au point A correspondant au moment de production, l'autre, en C, se rapportant à celui de l'extinction de

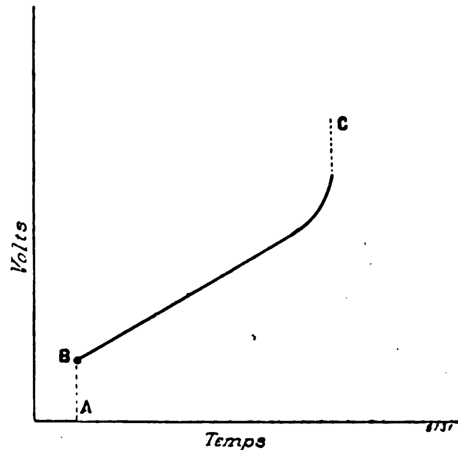


Fig. 1.

l'arc. La table ci-dessous donne les mesures effectuées par compensation de l'ordonnée A B, pour laquelle un arc n'est pas possible, c'est-à-dire de la force électromotrice antagoniste, pour les combinaisons, deux à deux, d'électrodes de six substances différentes :

	CHARBON sans mèche.	CHARBON avec mèche	CUIVRE	ALUMINIUM	FER	MERCURE
	volts	volts	volts	volts	volts	volts
Charbon sans mèche (9 mm)	12	14	16	16	16	6
Charbon avec mèche (10 mm).	7	6				
Cuivre (5 mm) . . .	9		8		15	
Aluminium (5 mm). .	8			16		
Fer (8 mm)	10		17		16	
Mercure	11					

Ces résultats, dont la précision est de 0,5 à 1 volt, correspondent à une intensité de courant d'environ 7,5 ampères; tous ces nombres sont bien inférieurs aux valeurs généralement attribuées au « terme constant » de la formule, tandis que les valeurs de la force électromotrice trouvées par Duddell, au moyen d'une méthode

[1] *Electrician*, n° 1220, p. 918, 1901.

détournée, sont du même ordre de grandeur que ces résultats d'une détermination directe.

Pour ce qui concerne le cas de l'arc voltaïque à courant alterné, la relation existant selon la table entre le sens du courant et la force électromotrice antagoniste, ne peut donner lieu qu'à une dissymétrie de courant relativement faible, pour le premier régime; il est vrai que la conductibilité de l'arc, dépendant, elle aussi, du sens du courant, doit jouer un certain rôle aussi dans ces phénomnceès. Mais quant au second régime, celui des arcs d'une longueur supérieure à 1 mm, ni la force électromotrice relativement faible dans les deux sens, ni les variations discontinues de la conductibilité de l'arc, ne suffisant à expliquer les dissymétries considérables, l'auteur incline à penser que c'est à une espèce de *conductibilité unilatérale du milieu gazeux*, se manifestant d'une manière particulièrement sensible dans le second régime de l'arc, qu'il faut attribuer ces phénomènes.

Le sujet de ce travail paraît donc intimement lieu à la question des décharges dans les milieux gazeux. A. GRADENWITZ

Perte de vitesse que la réflexion fait subir aux rayons cathodiques, par **E. Gehrcke**. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 81-93, mai 1902.

Soit φ la quantité de chaleur reçue pendant

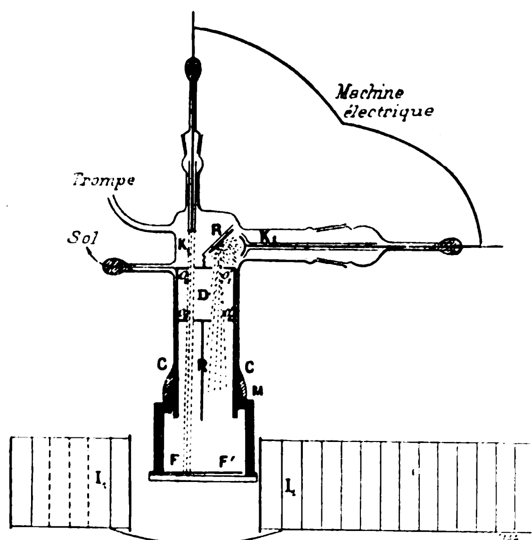


Fig. 1.

une seconde par le corps réfléchissant, V la différence de potentiel entre le corps et la cathode, i la quantité d'électricité transportée en une seconde par les rayons cathodiques. Si toute l'énergie du faisceau est absorbée par le corps, on doit avoir $Q = iV$. Si une partie du faisceau est réfléchie, sans que les particules cathodiques subissent de variation de vitesse, cette égalité subsiste. S'il y a perte de vitesse sans variation de charge, on doit avoir $Q > iV$. Cady [1] a trouvé pour le rapport $\frac{iV}{Q}$ des valeurs comprises entre 0,80 et 0,86. Il y a donc lieu de supposer qu'il se produit une variation de vitesse par suite de la réflexion. Des expériences de Merritt entreprises pour mettre en évidence cette perte de vitesse n'ont donné qu'un résultat négatif.

M. Gehrcke a repris ces expériences [2], en comparant les déviations provoquées par un même champ magnétique sur un faisceau de rayons issus directement d'une cathode et sur un faisceau réfléchi. Ce dernier est plus dévié, ce qui indique que sa vitesse est moindre. La perte peut atteindre la moitié de la vitesse primitive. Les bords de la tache fluorescente due aux rayons réfléchis sont flous à cause de la diffusion et se trouve étalée par l'action du champ en queue de comète. En outre, l'éclat cesse d'être uniforme (spectre magnétique) : c'est la répartition de l'éclat sur la surface de la tache qui distingue les diverses substances employées comme réflecteurs (platine, magnésium, cuivre, aluminium, charbon de cornue).

M. L.

---

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XXIII, p. 504, juin 1900.

[2] Le dispositif expérimental est représenté par la figure ci-contre. L'emploi de la machine à influence est préférable à celui de la bobine d'induction, parce que le régime de décharge est plus stable.

K_1 cathode plane, fournissant le faisceau direct $K_1 o_1 o_2 F$; K_2 cathode concave, donnant le faisceau qui se réfléchit sur la lame R; $o_1 o_2, o'_1 o'_2$, diaphragmes reliés au sol; CC cylindre de zinc, auquel est soudé un peu en dehors de l'axe une bande de métal B; MM caisse en bronze; FF' lame de glace supportant un écran fluorescent, en papier de soie recouvert de sulfure de calcium ou de tungstate; J_1, J_2 bobines produisant le champ magnétique.

Dans une autre série d'expériences, la cathode K_1 est aussi concave et de mêmes dimensions que K_2, pour éviter les perturbations dues à l'inégalité des deux.

M. L.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXII Samedi 6 septembre 1902. 9e Année. — N° 36.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LES EXPÉRIENCES RÉCENTES DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Nous avons donné dans la première partie de cet article les expériences de M. le capitaine Ferrié [1]; dans celle-ci nous décrirons celles de M. le lieutenant de vaisseau Tissot.

Expériences de M. Tissot.

Les observations très complètes et des plus méthodiques faites par M. Tissot l'ont été au cours de trois études distinctes qui toutes trois lui ont donné des résultats des plus intéressants et des plus nouveaux.

M. Tissot s'est proposé d'appliquer la méthode du miroir tournant, utilisée par M. Décombe pour l'étude de l'étincelle oscillante, à la mesure des périodes des oscillations employées en télégraphie sans fil. En portant la pratique de cette méthode à un degré de perfection qui n'avait pas été atteint avant lui, il a pu mettre en évidence des particularités de la décharge oscillante insoupçonnées et des plus intéressantes.

En second lieu M. Tissot a fait une étude méthodique de toute une série de dispositifs de transmission. Il a également étudié la valeur relative des réceptions obtenues soit avec une antenne ordinaire, soit avec une antenne munie à sa base d'un conducteur additionnel, soit encore en recouvrant l'antenne d'un écran cylindrique plus ou moins élevé.

Enfin ce savant officier s'est préoccupé de déterminer les chutes de résistances des tubes à limailles sous l'action directe des ondes, et il est parvenu de la manière la plus ingénieuse à pouvoir se rendre compte jusqu'à un certain point de l'énergie mise en jeu à la

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 281, 23 août 1902.

réception. Il a pu ainsi d'une manière très nette déterminer la valeur pratique d'un cohéreur donné.

Nous allons exposer maintenant ces différentes expériences.

Mesure de la période des oscillations par la méthode du miroir tournant. — L'excitateur et le miroir tournant étaient disposés dans deux locaux distincts distants d'environ 15 mètres. La boule de l'excitateur en relation avec le pôle négatif de la bobine d'induction était reliée à l'antenne. Les étincelles atteignaient une longueur de 5 à 6 centimètres.

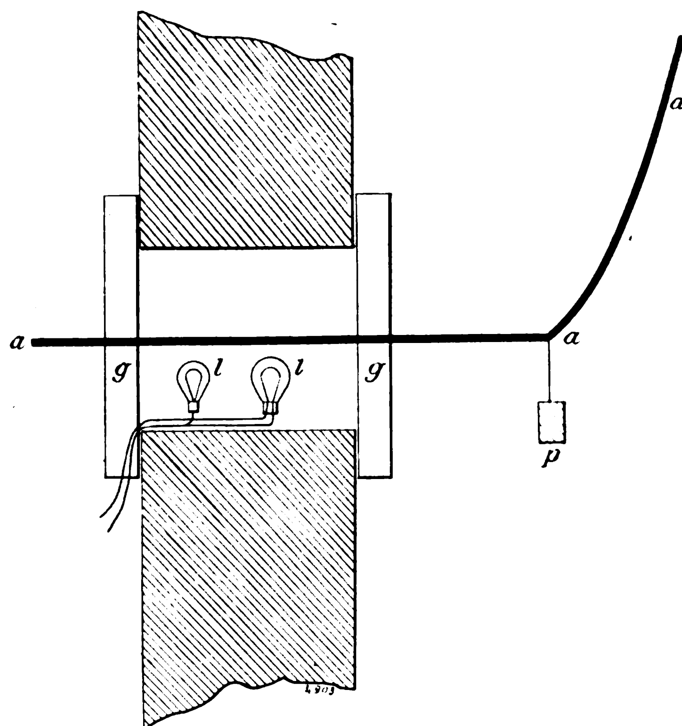


Fig. 4. — Isolement de l'antenne. Procédé de M. Tissot.

Le procédé employé pour assurer un parfait isolement de l'antenne mérite d'être signalé. Cet isolement est obtenu au moyen d'air chaud et donne les meilleurs résultats. L'extrémité *a*, *a*, *a*, (fig. 4) de l'antenne pénètre horizontalement dans le poste grâce au contrepoids *p* fixé par un cordon isolant à l'extrémité de l'antenne. Cette extrémité traverse deux glaces *g*, *g* comprenant entre elle un cylindre d'air dont la température est élevée au moyen de lampes électriques *l*, *l* placées entre les deux glaces *g*. Ce moyen des plus simples a permis d'obtenir un isolement parfait par les plus mauvais temps.

La figure 5 donne un schéma du dispositif qui a permis à M. Tissot d'obtenir la photographie des étincelles oscillantes à l'aide du miroir tournant. E est l'excitateur à boules platinées; L, une première lentille voisine de l'excitateur; *l*, une seconde lentille plan-cylindrique de 0,25 dioptrie voisine du miroir tournant; *m*, le miroir tournant; *p* la plaque photographique.

L'appareil produisant la rotation du miroir est un train d'engrenages qui donne au miroir une vitesse angulaire égale à 20 fois celle dont est animée le premier engrenage. Ce premier engrenage entraîne un commutateur tournant qui décharge *n* fois par seconde, dans un galvanomètre apériodique convenablement shunté, un condensateur étalon de $2^{\mu f}$.

Si δ est la déviation du galvomètre, C la capacité du condensateur, E la force électromotrice de la pile de charge : $\delta = K . nCE$.

Si pour obtenir, en courant continu, la même déviation δ au galvanomètre il faut un circuit de résistance R : $\delta = K \frac{E}{R}$.

On en déduit aisément par la simple mesure de C et de R le nombre de tours du premier engrenage : $n = \frac{1}{CR}$.

On vérifie d'ailleurs à l'aide d'un vélocimètre le nombre déduit de l'observation du tachymètre électrique. Les nombres ont toujours été en concordance parfaite. La vitesse angulaire variait entre 400 et 500 tours à la seconde.

L'image se formait à une distance du miroir tournant égale à 35,5 cm. Pour une vitesse angulaire de 450 tours à la seconde le faisceau réfléchi, qui a une vitesse double, parcourt donc en $\frac{1}{900}$ de seconde une longueur de $2\pi \times 35,5$ cm $= 222,5$ cm. Un millimètre est donc parcouru par le rayon réfléchi sur la plaque photographique en $\frac{1}{900 \times 2225}$ de seconde $= 0,49 \times 10^{-6}$ seconde.

Ce calcul permet de trouver la période des oscillations par la mesure des images obtenues sur les clichés phtographiques.

Les clichés photographiques ont donné, comme image des étincelles ainsi analysées, une série de bandes alternativement brillantes et obscures correspondant à la succession des décharges oscillantes. Les figures 6 et 7 représentent ces photographies.

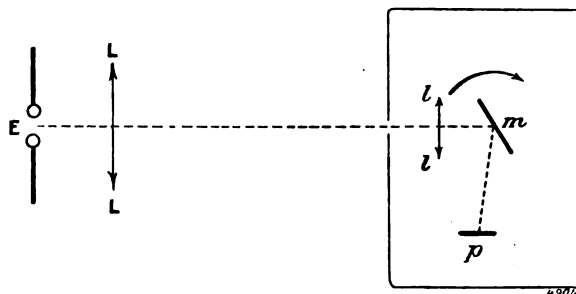


Fig. 5. — Dispositif de M. Tissot pour effectuer la photographie des étincelles oscillantes.

Si l'on mesure les distances des maxima successifs on trouve qu'elles vont réellement en décroissant. C'est ainsi qu'on a trouvé dans une expérience pour valeurs successives de ces distances les nombres suivants.

Vitesse angulaire du miroir	1re distance	0,650 mm	4e distance	0,608 mm
450 tours	2e »	0,625 »	5e »	0,605 »
à la seconde	3e »	0,616 »	6e »	0,598 »

Pour avoir la période ou mieux les périodes succesives de ces oscillations il suffit d'évaluer le temps qui correspond à un déplacement du rayon réfléchi égal à ces distances successives. La première distance de 0,65 mm correspond à un intervalle de temps de $0,3185 \times 10^{-6}$ seconde.

Il est à remarquer que cet intervalle de temps mesure la demi période des oscillations successives, le sens de la décharge entre les deux boules s'intervertissant à chaque étincelle. Ce changement de signe est d'ailleurs facile à constater sur les épreuves mêmes, les bandes brillantes des photographies présentant un maximum d'éclat alternativement à la partie supérieure et à la partie inférieure de l'épreuve.

Les intervalles de temps successifs correspondant aux distances ci-dessus évaluées sont les suivants :

1er intervalle	$0,3185 \times 10^{-6}$ seconde	4e intervalle	$0,29792 \times 10^{-6}$ seconde
2e »	$0,30625 \times 10^{-6}$ »	5e »	$0,29645 \times 10^{-6}$ »
3e »	$0,30184 \times 10^{-6}$ »	6e »	$0,29302 \times 10^{-6}$ »

Telles sont les durées des décharges successives s'effectuant alternativement d'une boule à l'autre. Ces durées vont nettement en décroissant.

Ces expériences montrent très nettement que les oscillations hertziennes, tout au moins celles produites dans les dispositifs de M. Tissot, ne peuvent pas être à proprement parler comparées aux oscillations d'un pendule libre ou d'un diapason non entretenu.

Le mouvement n'est pas un mouvement pendulaire amorti : la période ne demeure pas constante, mais décroît d'une manière constante.

Il est intéressant de rapprocher de ces expériences de M. Tissot les récentes expériences faites par M. Swyngedauw en employant un dispositif qui a été décrit dans ce journal et dont l'interprétation des résultats emprunte la si complète étude faite par M. Swynge-

dauw des potentiels explosifs statique et dynamique et la méthode de l'excitateur dérivé.

M. Swyngedauw a pu mesurer les intervalles de temps que mettent à se produire les décharges successives d'un excitateur et il a pu faire porter ces mesures sur un plus grand nombre d'intervalles successifs que celui qu'avait pu étudier M. Tissot. — Il a ainsi observé un fait des plus intéressants. Les durées successives de ces décharges vont bien en décroissant comme le montre la mesure des clichés, obtenus par M. Tissot, mais au bout d'un certain nombre de décharges la durée des décharges successives passe par un minimum et les durées suivantes vont alors en croissant constamment.

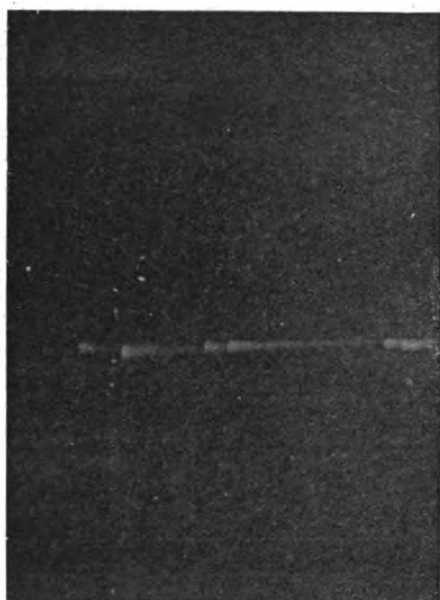


Fig. 6. — Photographie d'étincelles oscillantes.



Fig. 7. — Photographie d'étincelles oscillantes.

Ces observations mettent en défaut le calcul de la période effectué à l'aide de la formule de Lord Kelvin :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}}}.$$

Elles constitueraient au contraire une vérification très complète d'une théorie donnée par M. Petrovich [1]

Il serait très intéressant de voir ces résultats expérimentaux de M. Swyngedauw confirmés par l'observation des étincelles par le miroir tournant de manière à obtenir non seulement la première phase du phénomène que donne les clichés de M. Tissot, mais le phénomène tout entier. — Il suffirait pour cela de pouvoir photographier un nombre de décharges successives suffisant pour atteindre et dépasser l'impression de la décharge qui présente le minimum de durée.

En photographiant par le procédé que nous venons de décrire les étincelles de l'exci-

[1] *Comptes rendus*, 1er mars 1897. *L'Éclairage Électrique*, t. X, p. 518, 13 mars 1897.

tateur, M. Tissot a remarqué que les épreuves obtenues étaient très différentes suivant que la boule de l'excitateur reliée au pôle positif de la bobine était isolée ou en communication avec le sol. Si cette boule est isolée on obtient des épreuves semblables aux précédentes et l'on peut enregistrer 6 à 8 décharges successives. Si l'excitateur est relié au sol

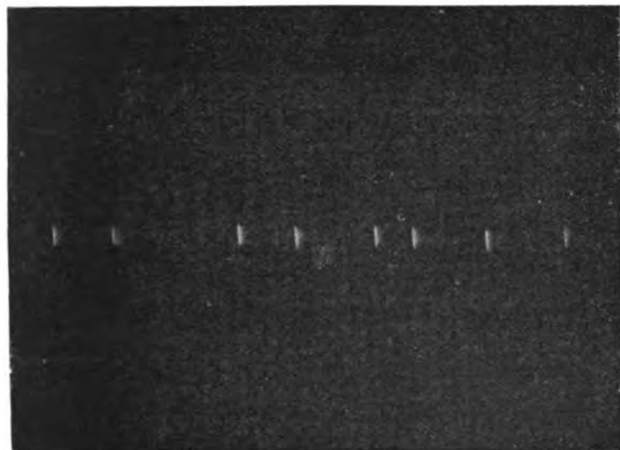


Fig. 8. — Photographie d'étincelles oscillantes.

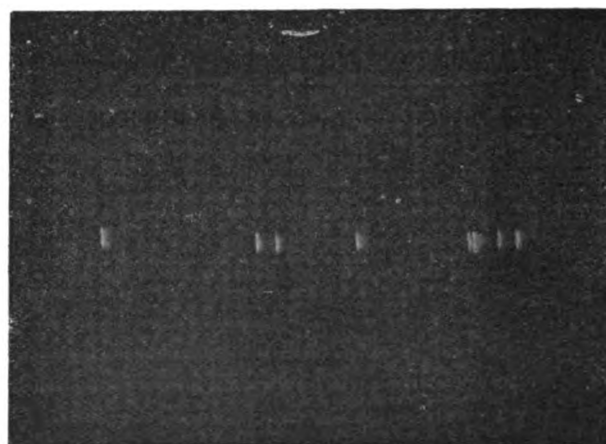


Fig. 9. — Photographie d'étincelles oscillantes.

on n'enregistre plus qu'une ou deux décharges au plus. En portant la vitesse de rotation du miroir à 500 tours par seconde et en opérant la mise à la terre par un conducteur possédant une certaine self induction on peut enregistrer 2 ou 3 décharges, à chaque étincelle. Les figures 8 et 9 représentent les photographies d'étincelles obtenues dans ces conditions.

Études de divers dispositifs de transmission. — Les dispositifs étudiés et comparés sont les suivants :

Dispositif ordinaire α. — Les deux boules de l'excitateur reliées aux pôles de la bobine

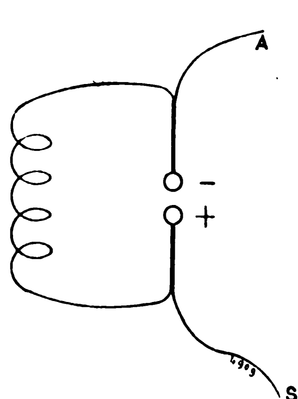


Fig. 10. — Dispositif ordinaire de transmission α.

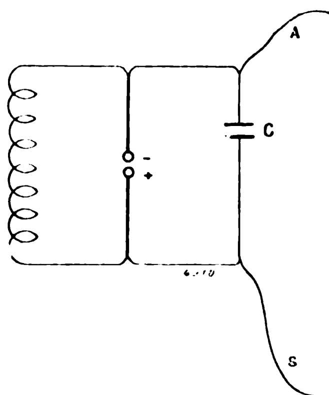


Fig. 11. — Dispositif de transmission β.

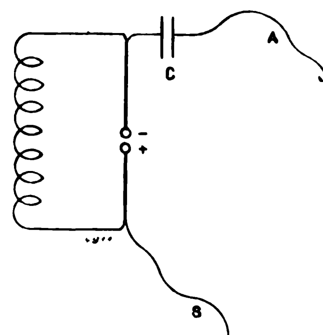


Fig. 12. — Dispositif de transmission γ.

d'induction sont en communication l'une (la boule liée au pôle — de la bobine) avec l'antenne A (fig. 10), l'autre la boule reliée au pôle + de la bobine) avec le sol S.

Dispositif β. — Ce dispositif diffère du précédent en ce que un condensateur C (fig. 11)

a une des armatures en communication avec l'antenne, la seconde armature étant reliée au sol. C'est un excitateur de Hertz dont l'une des plaques est reliée au sol et l'autre à l'antenne.

Dispositif γ — Dans ce dispositif l'antenne *a* (fig. 12) au lieu d'être reliée directement à l'une des boules de l'excitateur se trouve en relation avec l'une des armatures d'un condensateur C intercalé entre cette boule et l'antenne. Le second pôle de l'excitateur est directement relié au sol S.

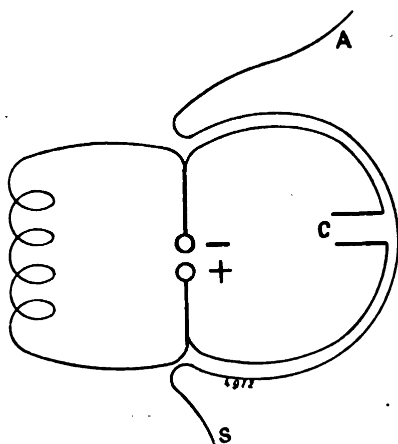


Fig. 13. — Dispositif de transmission genre Blondlot. Dispositif B.

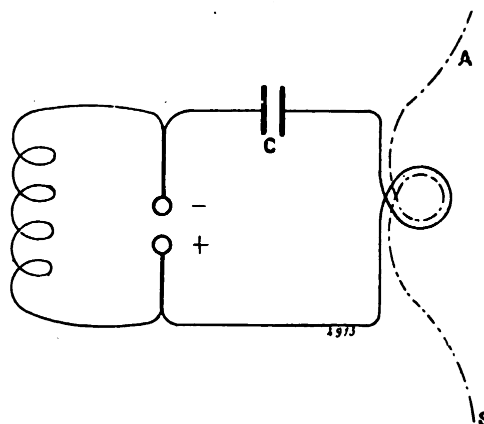


Fig. 14. — Dispositif de transmission genre Blondlot. Dispositif B'.

Dispositifs Blondlot B. B'. B''. — Ces dispositifs utilisent un excitateur du type de l'excitateur de M. Blondlot. L'antenne est directement reliée au sol S mais une portion du fil qui la constitue entoure l'excitateur à la manière dont les fils de concentration du champ hertzien dans le dispositif de M. Blondlot entourent l'excitateur.

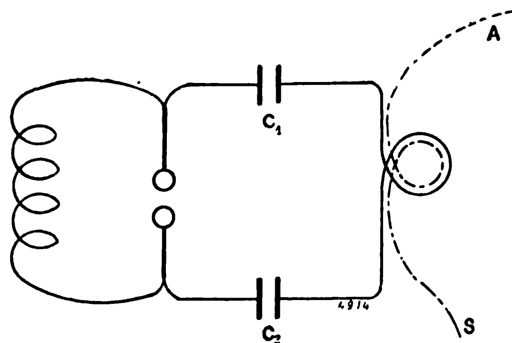


Fig. 15. — Dispositif de transmission genre Blondlot. Dispositif B''.

Le dispositif B (fig. 13) présente le condensateur C au milieu de la portion du fil de concentration.

Dans le dispositif B' (fig. 14), l'antenne n'emprunte le champ qu'à l'un des fils reliant le condensateur C à l'excitateur.

Enfin le dispositif B'' (fig. 15) comprend deux condensateurs C_1 C_2. Chaque condensateur a l'une de ses armatures en relation avec l'une des boules de l'excitateur. Les secondes armatures des condensateurs sont reliées entre elles et c'est au fil de liaison que l'antenne A emprunte le champ qu'elle utilise.

Les communications peuvent être assurées avec tous ces différents dispositifs de transmission. Alors qu'elles sont excellentes avec les dispositifs α, γ, B, B' et B'' elles sont notablement moins bonnes avec le dispositif β.

En particulier les dispositifs α et γ s'équivalent d'une manière complète. Le dispositif γ doit cependant être préféré au dispositif α par suite de la protection qui y est réalisée.

Les dispositifs Blondlot d'où dérivent en partie les dispositifs de transmission employés

par M. Marconi dans les expériences de Corse ont fait l'objet, de la part de M. Tissot, d'une étude plus complète.

Description d'un dispositif B. — Le fil de concentration lié d'une part à l'antenne d'autre part au sol était formé de 7 conducteurs engagés dans un tube épais de caoutchonc et formant une circonférence de 25 cm de rayon. Ce tube est appliqué contre le conducteur de l'excitateur formé lui aussi par 7 fils enserrés dans un tube de caoutchouc mais comprenant deux coupures l'une formée par les boules de l'excitateur, l'autre par les armatures du condensateur C. Ce condensateur était constitué par une ou plusieurs bouteilles de Leyde.

L'agencement des circuits voisins dans les dispositifs B′ et B″ sont obtenus à l'aide de conducteurs entourés de caoutchouc et formant une ou deux couches circulaires de 19 cm de rayon.

Les capacités employés sous forme de bouteilles de Leyde étaient de 120, 450, et 1 250 unités électrostatiques.

Avec le dispositif B′ toute une série de capacités différentes ont été employés et pour chaque agencement la période moyenne a été déterminée à l'aide du miroir tournant, ce qui a permis de calculer la longueur d'onde employée. On avait ainsi successivemet réalisé dans ce dispositif les périodes et longueurs d'ondes suivantes.

CAPACITÉ INTERCALÉE	PÉRIODE MOYENNE	LONGUEUR D'ONDE λ
4 × 1 250 E. S.	1,50.10⁻ seconde	450 mètres
2 × 1 250 »	1,04 »	312 »
1 × 1 250 »	0,68 »	204 »
2 × 450 + 4 × 120 »	0,70 »	210 »
2 × 450 »	0,56 »	168 »
4 × 120 »	0,40 »	120 »
1 × 120 »	0,22 »	66 »

Les communications obtenues avec ces différents groupements ont été toutes excellentes, elle ne sont pas toutefois équivalentes. Il est assez difficile d'apprécier les différences, car la réception ne devient défectueuse que lorsque la valeur de la transmission descend au-dessous d'une certaine limite qui dépend de la sensibilité du cohéreur employé et de la distance de transmission. — Au-dessus de cette limite l'appréciation de la valeur de la transmission devient très difficile.

M. Tissot est cependant arrivé à apprécier cette valeur par un procédé que nous décrirons plus loin et qui est basé sur la mesure des chutes de résistance du cohéreur employé.

Comme résultat de cette étude on a constaté qu'avec le dispositif B et avec le dispositif B′ les transmissions sont, *à périodes égales*, de même valeur.

Avec le dispositif B′ la meilleure transmission a été réalisée avec la capacité 2 × 450 E. S. La longueur d'onde correspondante est de 168 mètres. Si l'on observe que dans ces expériences l'antenne employée avait une hauteur de 40 mètres on voit que la relation

$$\lambda = 4h$$

entre la longueur d'onde et la hauteur d'antenne se trouve correspondre à la meilleur transmission.

Ainsi donc les meilleures conditions de fonctionnement se trouvent réalisés lorsque la longueur d'onde des oscillations produites est arproximativement égale à 4 fois la hauteur de l'antenne.

Expériences relatives aux dispositifs de réception. — M. Tissot a successivement étudié l'influence qu'a sur la réception l'interposition entre la base de l'antenne et le cohéreur d'un conducteur pouvait avoir une longueur égale à celle de l'antenne, l'influence que produit sur la réception la présence d'antennes voisines de l'antenne réceptrice et plus généralement de conducteurs voisins et parallèles, l'utilité qu'il peut y avoir à utiliser des antenne à grande surface. — Il a également recherché en utilisant des antennes recouvertes sur toute leur longueur ou sur une partie seulement de leur longueur d'un conducteur formant écran. Ces dernières expériences que M. Tissot a bien voulu entreprendre sur notre demande avaient pour but de rechercher quels sont les portions efficaces de l'antenne.

Interposition d'un conducteur entre la base de l'antenne et le cohéreur. — La valeur de la réception ne semble pas être modifiée par l'interposition d'un conducteur plus ou moins long entre l'extrémité inférieure de l'antenne et le cohéreur. En intercalant ainsi des longueurs de fil égales au quart, à la moitié et même à la totalité de l'antenne M. Tissot, n'a observé aucune modification dans la réception. — En répétant, sur le désir que nous lui en avions exprimé, ces expériences ainsi qu'un certain nombres d'autres ayant pour but de rechercher quelle utilité pouvait présenter l'application à la télégraphie sans fil des propriétés que nous avons énoncées relativement au champ interférent, M. Tissot n'a constaté aucune amélioration vraiment pratique de la réception, par la mise en œuvre de ces divers dispositifs. — Nous avons vu que M. Slaby en utilisant les mêmes propriétés, du champ interférent a obtenu certains effets sélectifs, effets sélectifs impuissants d'ailleurs à produire une syntonisation vraiment pratique, ainsi que nous l'avons précédemment démontré.

Si au lieu d'interposer entre l'extrémité inférieure de l'antenne et le cohéreur un fil rectiligne ou ne présentant tout au moins qu'une faible inductance, on donne au fil interposé une self-induction notable (en l'enroulant en spires, par exemple), on constate que l'interposition du fil produit un affaiblissement notable de la valeur de la réception. On peut même arriver ainsi à arrêter toute réception en intercalant entre l'antenne et le cohéreur une bobine de self-induction d'inductance suffisante.

Influences que produisent les conducteurs voisins et parallèles à l'antenne. — Si des conducteurs disposés parallèlement à l'antenne se trouvent dans son voisinage et qu'ils soient reliés au sol, la valeur de la réception se trouve diminuée, la réception pent devenir défectueuse et même cesser complètement. — C'est ainsi que M. Tissot a constaté très souvent l'influence néfaste produite sur la réception par les haubans des mâts des navires. L'antenne disposée sur un vaisseau doit être le plus dégagée possible pour être dans de bonnes conditions de réception.

Lorsque l'on ne se trouve pas à une trop grande distance du poste transmetteur on peut recevoir à l'aide de deux antennes communiquant chacune avec un cohéreur. — Pour peu qu'on emploie des cohéreurs sensibles on peut ainsi recevoir simultanément dans deux postes récepteurs voisins. — Mais si la distance qui sépare ces postes du transmetteur est telle que l'on se trouve à la limite de réception on constate qu'il devient impossible de recevoir correctement dans les deux postes à la fois. Tantôt la reception correcte a lieu dans l'un des postes, tantôt l'autre poste reçoit seul; en général la réception est défectueuse de part et d'autre. — Si alors on supprime l'une des antennes ne se conservant disposée qu'une seule antenne et par suite qu'un seul récepteur, la réception redevient correcte. La réception, redevient également bonne si, sans supprimer l'une des antennes, on réunit les extrémités des deux antennes au même récepteur.

Surface de l'antenne. — Il n'est pas douteux que l'augmentation de surface de l'antenne améliore la réception. C'est ainsi que si dans l'expérience précédente l'une des antennes est constituée par un large filet métallique, le récepteur attelé à cette antenne recevra notablement mieux que celui qui est en relation avec une antenne formée d'un simple fil métallique. — Toutefois cet effet ne doit être rapporté, d'après les mesures de M. Tissot, ni à la forme ni à la capacité de l'antenne, mais seulement au fait qu'elle offre une plus grande surface. — D'ailleurs étant donné les grandes difficultés d'établissement que présentent les antennes à grande surface, et la très légère amélioration de réception qu'elles provoquent, il est beaucoup plus pratique de se limiter à l'emploi d'antennes ordinaires.

Influence d'un conducteur cylindrique formant écran pour l'antenne sur la réception. — — En formant le conducteur d'antenne par un câble sous plomb dont l'enveloppe de plomb était dénudée sur une longueur plus ou moins grande on pouvait espérer déterminer les portions de l'antenne les plus efficaces.

Soit EE′ le conducteur extérieur cylindrique formant écran et *aa*′ le fil d'antenne. M. Tissot a constaté les faits suivants :

1° Si *aa*′ et EE′ sont isolés l'un de l'autre, la réception est impossible lorsque *aa*′ est relié en *a*′ au cohéreur, mais elle est bonne si on réunit le cohéreur à EE′ en E′;

2° Si l'on réunit les extrémités *a* et E et qu'on mette le cohéreur en communication soit avec *a*′ soit avec E′ la réception présente la même valeur dans les deux cas et ne paraît pas différer de la réception ordinaire;

3° Si l'on dénude le conducteur formant antenne en enlevant l'écran EE′ sur une longueur de plus en plus grande, la réception d'abord impossible, alors même que E′ est relié au sol, devient régulière pour une certaine longueur dénudée puis redevient défectueuse.

Voici d'ailleurs un tableau résumant les résultats pour une antenne à écran de 40 m dénudée de mètre en mètre jusqu'à 20 m à partir du sommet. La figure 16 complète le tableau.

LONGUEUR de la portion dénudée à partir du sommet.	VALEUR DE LA RÉCEPTION	
	à la base du conducteur en *a*′.	à la base de l'écran (conducteur extérieur) EE′.
0 m	nulle	bonne
10 »	nulle	bonne
12 »	mauvaise	médiocre
14 »	nulle	nulle
18 »	médiocre	mauvaise
20 »	bonne	bonne

Ces résultats sembleraient démontrer que la portion la plus efficace de l'antenne est la portion supérieure. On peut en effet interpréter le résultat de la figure 16,γ, en considérant que la réception bonne obtenue avec *aa*′ est due à ce que la moitié supérieure de l'antenne est dénudée. La réception bonne avec EE′ peut être attribuée à ce que la concentration des ondes se fait en réalité tout le long du conducteur *a*αE′ comme s'il était continu, la proximité des deux conducteurs en α permettant de considérer les deux conducteurs *aa*′ isolé et EE′ en relation par E′ avec le cohéreur, comme un conducteur unique de longueur égale à *aa*′ (40 m).

Dans le cas de la figure 16,β la portion supérieure d'antenne dénudée n'est pas suffisante pour permettre une bonne réception par *aa*′. Par contre la réception bonne par EE′

***

devrait être attribuée à ce que les ondes sont ici encore concentrées par le conducteur à écran comme par une antenne ordinaire.

Les résultats que représentent les figures 16, γ, δ et ε sont plus difficiles à interpréter surtout si l'on suppose l'équivalence entre le système mis en communication par E' au cohéreur et une antenne ordinaire. La réception par E' devrait en effet aller en s'améliorant alors qu'elle devient de moins en moins bonne et arrive à être impossible. De plus, puisque le conducteur axial est de plus en plus dénudé, la réception par *a'* devrait également aller en s'améliorant.

Faut-il attribuer ces résultats à un effet d'interférence entre les états vibratoires des

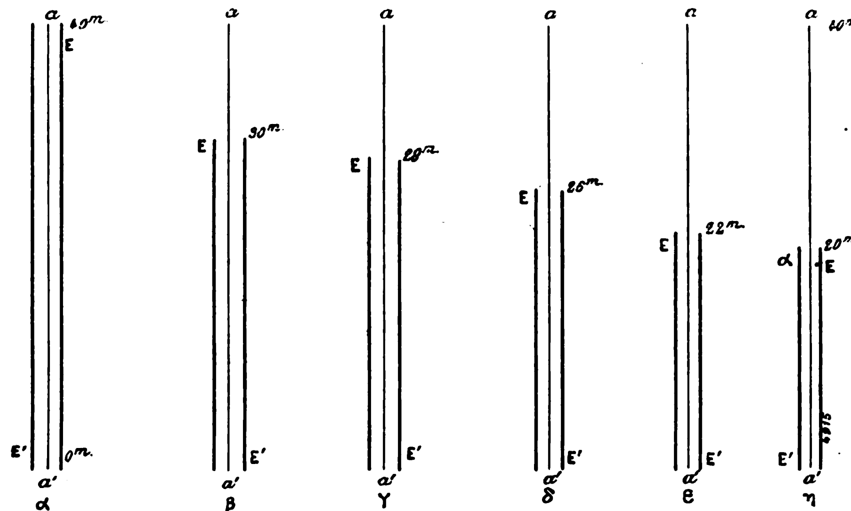


Fig. 16. — Antennes à écran.

deux phénomènes. Cette hypothèse ne paraît pas aisée à concilier avec le fait très nettement constaté par M. Tissot que la meilleure réception correspondait dans des conditions données à la distribution qui assigne à l'antenne une longueur égale au quart de la longueur d'onde des oscillations concentrées. Il est à remarquer cependant que les trois bonnes réceptions par le conducteur extérieur (EE') correspondent à des longueurs égales à la totalité (α), les trois quarts (β) et la moitié (η) de la longueur du conducteur intérieur, alors que les associations de longueurs (γ, δ et ε) qui ne correspondent pas à des fractions simples de la longueur totale du conducteur intérieur donnent de mauvaises réceptions.

Tout en remerciant M. Tissot d'avoir bien voulu étudier suivant la demande que nous lui en avions faite cette influence, nous regrettons qu'il n'ait pu poursuivre un peu plus loin cette étude.

Il serait utile en particulier non seulement de poursuivre la dénudation de l'antenne jusqu'à la base afin de voir si la réception continue à être bonne avec les deux récepteurs ou bien si elle reprend des valeurs médiocres, mauvaises ou même nulles. Il serait bon également de ménager entre la partie supérieure de l'écran EE' et l'antenne un intervalle supérieur à la couche d'isolant séparant l'âme d'un câble sous plomb de son enveloppe. On pourrait par exemple terminer l'écran EE' à sa partie supérieure par un entonnoir métallique évasé afin qu'on ne puisse supposer que la concentration des ondes se fait par les deux conducteurs comme par un conducteur unique.

Enfin il serait sans doute très intéressant de poursuivre une étude pareille pour la

transmission et de déterminer l'influence d'un écran cylindrique sur l'antenne de transmission. Non seulement il est à désirer que cette étude se poursuive en diminuant la hauteur de l'écran à partir du sommet d'une manière graduelle, mais il serait également intéressant de comparer les résultats obtenus en procédant à la soustraction graduelle de l'écran en commençant par la partie inférieure.

L'étude pour être complète demanderait même à ce que la dénudation du conducteur axial se fasse simultanément d'une manière graduelle à partir du sommet et à partir de la base. On pourrait alors se rendre compte de l'effet produit par un écran de longueur donnée, moindre que celle de l'antenne, déplacé tout le long de l'antenne. Cette étude devrait évidemment être effectuée tant pour l'antenne de réception que pour l'antenne de transmission. Nous ne nous faisons aucune illusion sur la difficulté de mise en œuvre d'une pareille étude relative à l'antenne de transmission, le conducteur formant écran devant nécessairement être assez éloigné de l'antenne et cette dernière ne pouvant plus comme pour la réception être simplement constituée par du câble sous plomb. L'écran doit évidemment être constitué par un large tuyau cylindrique dont le conducteur intérieur occupe très sensiblement l'axe.

Bien que cette étude présente de très grandes difficultés d'ordre pratique, nous ne doutons pas que M. Tissot en vienne aisément à bout, si du moins il trouve le loisir de continuer ces déterminations ; nous n'en voulons pour preuve que l'ingéniosité et l'habileté qu'il déploie au cours de ses recherches si originales et d'un si capital intérêt.

Détermination des chutes de résistances des cohéreurs et partant de leur valeur pratique. — Nous allons indiquer pour terminer cette revision comment M. Tissot est parvenu à évaluer la chute de résistance qu'éprouve un tube sous l'influence d'ondes reçues. Cette étude est de beaucoup la plus intéressante et la plus délicate de toutes celles qu'ait poursuivies jusqu'à ce jour ce savant officier. C'est cette détermination qui conduit à des résultats non seulement intéressants au point de vue théorique, mais de la plus grande utilité au point de vue pratique. Par la mesure de ces chutes de résistances, M. Tissot évalue en premier lieu la valeur d'une réception faite dans des conditions de transmissions déterminées et fixes ; il peut alors étudier l'influence de tel ou tel changement apporté au dispositif de réception. En second lieu cette mesure permet de comparer les valeurs des divers dispositifs de transmission, les conditions de la réception restant invariables.

Bien que cette détermination soit un peu laborieuse elle constitue à l'heure actuelle la seule manière dont on puisse se rendre compte de la valeur pratique d'un cohéreur donné, et c'est en fait, en la mettant en pratique que les résultats énoncés précédemment ont pu être obtenus.

La méthode de mesure employée est la méthode de substitution. Quand le tube est cohéré on le dispose dans un circuit identique ou tout au moins équivalent à celui dans lequel il a été cohéré. Ce circuit comprend un galvanomètre qu'on a étalonné en ohmmètre de manière à évaluer par simple lecture de la déviation du galvanomètre, la résistance correspondante du tube.

Mais l'application de cette méthode exige quelques précautions. Pour que le réglage des tubes soit possible, il faut intercaler dans le circuit une résistance très grande (5 à 10 000$^{\omega}$), le courant qui traverse le relais ne devant avoir qu'une intensité de quelques dixièmes de milliampères, ou tout au plus de 1 à 2 milliampères.

Dans un circuit aussi résistant on ne pourrait évaluer avec précision des variations de 100 à 200$^{\omega}$. Voici comment M. Tissot est arrivé à triompher de cette première difficulté. Le circuit de réception et le circuit de mesure sont séparés.

Dans la figure 17, C représente le cohéreur, CPRK'p' est le circuit de réception, CABGKp est le circuit de mesure.

Dans le circuit de mesure le relais R est remplacé par le galvanomètre G, muni d'un shunt s, et la pile P par les deux bornes AB, un potentiomètre qui permet de ne mettre sur le circuit de mesure qu'une très faible force électromotrice, notablement inférieure à celle qui détermine le courant dans le circuit de réception. (K et K' sont deux clefs permettant de fermer et d'ouvrir successivement les deux circuits).

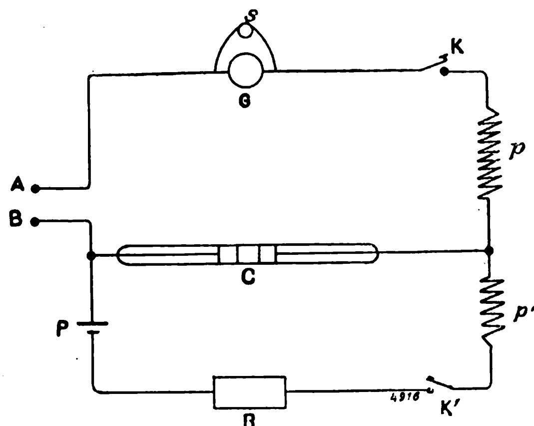


Fig. 17. — Dispositif de mesure de la chute de résistance d'un cohéreur.

On peut ainsi donner à la résistance p une valeur assez faible pour obtenir de très appréciables déviations du galvanomètre, sans être obligé pour cela de modifier le régime du courant dans le tube, condition qui présente comme nous le verrons bientôt une importance capitale.

Lorsqu'on veut par cette méthode déterminer la valeur pratique d'un tube il est nécessaire d'effectuer un très grand nombre de mesures. Soit en effet R la résistance d'un tube décohéré, r la résistance du tube cohéré, les mesures de R et de r sont faites en courant permanent dans le circuit de mesure. Quant au phénomène qui produit la cohésion, c'est un phénomène électrique qui n'intéresse que la *surface* des grains de limaille du cohéreur, alors que la mesure faite en courant permanent utilise un phénomène électrique qui intéresse *toute la masse* de la limaille. Il suit de là qu'une observation isolée faite sur un tube ne peut absolument rien donner. Il est nécessaire de répéter un grand nombre de fois les mesures dans des circonstances identiques et de tracer des graphiques. C'est en cela que l'application de la méthode est laborieuse (1).

(1) Donnons un exemple qui fera comprendre la manière d'opérer. Pour une transmission T donnée produite à une distance d fixe, on fera par exemple 200 mesures sur le même tube en partant toujours d'une même valeur R de la résistance du tube décohéré. On trouve alors pour valeurs r du tube cohéré des valeurs comprises entre r_1 et r_2. On portera ces valeurs de r en abscisses et en ordonnées un nombre proportionnel au nombre des mesures qui, parmi les 200 effectuées, ont donné cette valeur r.

Si par exemple on a obtenu 10 fois une chute de résistance du tube r comprise entre 150 et 160$^{\omega}$, on portera 10 sur l'ordonnée correspondant à 155$^{\omega}$.

On obtient alors un graphique tel que celui de la figure 18. Ce graphique fournit la valeur probable de la résistance r prise par le tube donné avec la transmission T à la distance d.

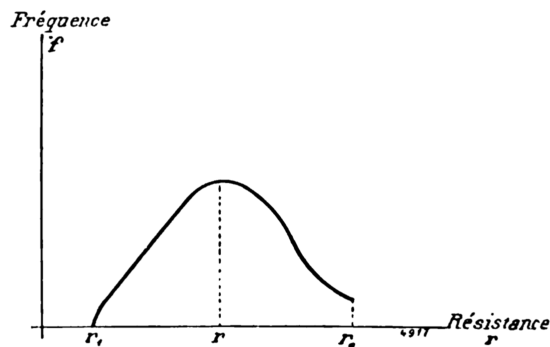


Fig. 18. — Graphique des chutes de résistance d'un cohéreur.

En répétant la même détermination avec une transmission différente T' à la même distance d ou avec la même transmission T à une distance différente d', on trouve toujours, *pour le même tube*, des graphiques de *formes identiques*. Il faut toujours faire porter la construction du graphique sur un nombre assez grand de mesures.

Mais on trouve des valeurs différentes des résistances probables r prises par le même tube, valeurs r', r''... qui permettent justement de comparer entre elles les valeurs pratiques des transmissions T, T', T'',... faites à la même distance d, ou bien encore de comparer l'influence de l'accroissement de la distance à laquelle on donne des valeurs d, d', d'',... sur une même transmission T produite à ces distances diverses.

Si l'on compare les formes des graphiques données par un très grand nombre de tubes (M. Tissot n'a pas étudié moins de 400 tubes par cette méthode, ce qui représente plusieurs milliers de mesures qui n'ont pas duré moins de trois ans), on constate que tous ces graphiques peuvent être classés en trois types bien tranchés, les types *a*, *b*, *c* de la figure 19.

Le type *a* est le plus fréquent et correspond à un tube qui assure des communications régulières. Ce type est toutefois bien moins favorable que le type *b* qui, présentant un maximum plus marqué permet une marge de réglage du relais beaucoup plus étroite. Quant au type *c* il correspond à un tube défectueux, l'insuffisance du tube ressort de la lecture même du graphique. Cette insuffisance est due à ce que le tube présente de grands écarts de chutes de résistance, il devient alors impossible de donner au relais et à la résistance intercalée ρ un réglage invariable pouvant satisfaire aux diverses conditions de la réception. Ainsi, bien qu'un tube qui fournit le graphique *c* soit suffisamment sensible, il doit être rejeté, parce qu'il est pratiquement inutilisable.

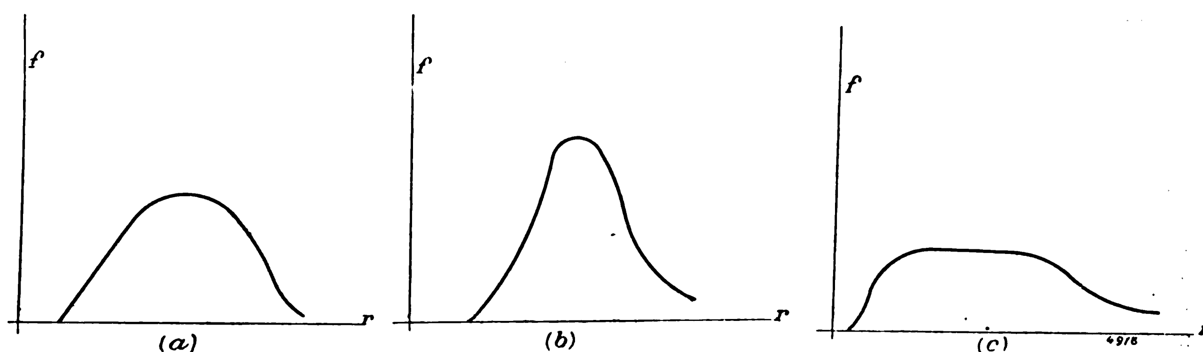


Fig. 19. — Divers types de graphique des chutes de résistance d'un cohéreur.

On voit combien ces déterminations sont intéressantes au point de vue pratique, puisqu'elles permettent de faire un choix parmi un certain nombre de tubes donnés et de rejeter ceux qui malgré une sensibilité qui, à première vue, pourrait les faire considérer comme d'un usage avantageux, ne doivent pas être utilisés par suite de l'inconstance du réglage qui correspondrait à leur emploi. Aussi doit-on féliciter M. Tissot d'avoir entrepris une série de mesures aussi laborieuses mais d'une utilité pratique si incontestable.

Au cours de ces nombreuses mesures, M. Tissot a pu faire un certain nombre d'observations que nous allons maintenant passer en revue.

Les faits que le grand nombre de mesures effectuées a mis en évidence sont les suivants :

1° L'oxydation ou une altération chimique superficielle des limailles employées ou des électrodes d'un cohéreur ne paraît nullement nécessaire. De bons cohéreurs peuvent être obtenus avec des électrodes et des limailles inoxydés. Ce fait confirme bien les observations précédemment exposées de MM. Blondel et Ferrié ;

2° La présence d'eau ou de vapeur d'eau dans le cohéreur est toujours nuisible. La durée d'un cohéreur n'est assurée qu'à la condition de le dessécher avec soin ;

3° La cohésion se produit avec la même aisance dans le vide et dans les différents gaz secs. Le vide de Crookes peut même être réalisé, sans que la cohésion de la limaille soit moins facile ;

4° D'après M. Tissot, il n'y aurait pas d'étincelles entre les particules de la limaille lors de la réception. Il est en effet impossible de déceler la moindre étincelle par l'examen du

cohéreur fait, pendant la réception, dans la chambre noire à l'aide d'un microscope. On ne peut non plus arriver à voiler une plaque photographique enfermée pendant plusieurs jours avec un tube disposé en réception. M. Tissot croit qu'il n'y a pas non plus ni formation de ponts de limaille, ni formation de chaînes ;

5° Soit R la résistance d'un tube décohéré, r la résistance du même tube cohéré. Ces valeurs pour un même tube sont très variables. Toutefois on constate que sous l'action des chocs la valeur de R peut osciller entre une valeur minimum R_1 et une valeur maximum R_2,

$$R_1 < R < R_2.$$

De même sous l'action des ondes r prend des valeurs comprises entre un minimum r_1 et un maximum r_2,

$$r_1 < r < r_2.$$

Un tube présentant, décohéré, une valeur R comprise entre R_1 et R_2 et soumis à l'action d'une onde, ou bien gardera cette valeur R (c'est le cas qui se présente lorsque le tube est insensible à l'action des ondes), ou bien prendra une valeur r comprise entre r_1 et r_2 (c'est le cas correspondant à la cohésion).

Ceci étant, pour que le retour par choc, ou la décohésion puisse se produire il faut que l'intensité du courant ou plutôt que la densité du courant qui parcourt le tube reste toujours inférieure à une certaine valeur limite variable avec chaque type de tube, et cela *quelle que soit la valeur de la force électromotrice* appliquée au tube. Par exemple un tube qui fonctionne sous 0,1 volt peut fonctionner dans de bonnes conditions sous 1 volt, 2 volts et même 10 volts, à la condition d'intercaler dans le circuit une résistance convenable [résistance p' de la figure 17] de manière à ce que la densité de courant reste inférieure à la valeur limite.

D'après cela, la notion de force électromotrice critique de cohésion ne semblerait pas devoir être conservée, mais plutôt remplacée par la considération de la densité de courant critique, ou de l'intensité critique.

Il y a deux valeurs de cette intensité à considérer : la valeur $\frac{E}{R+\rho}$ (ρ, résistance du circuit extérieur au tube) qui oscille entre $\frac{E}{R_2+\rho}$ et $\frac{E}{R_1+\rho}$ pour le tube décohéré.

$$\frac{E}{R_2+\rho} < \frac{E}{R+\rho} < \frac{E}{R_1+\rho}$$

et la valeur $\frac{E}{r+\rho}$, qui oscille entre $\frac{E}{r_2+\rho}$ et $\frac{E}{r_1+\rho}$ pour le tube cohéré

$$\frac{E}{r_2+\rho} < \frac{E}{r+\rho} < \frac{E}{r_1+\rho}.$$

En ce qui concerne la facilité du retour sous l'influence du choc la valeur qui paraît la plus importante à considérer est la valeur $\frac{E}{r+\rho}$.

Pour un tube donné la sensibilité est d'autant plus grande que l'on donne à ρ une valeur plus faible, c'est-à-dire plus rapprochée de la limite au-dessous de laquelle le retour ne serait plus possible.

De même la sensibilité est d'autant plus grande que l'on part d'une valeur de R plus rapprochée de la valeur minimum R_1. Bien que cette valeur minimum R_1 soit mal déterminée on peut dire que la sensibilité va en croissant à mesure que l'on part d'une valeur de R plus éloignée de R_2.

Tels sont les principaux résultats que l'étude de la chute de résistance des cohéreurs a fournis à M. Tissot en dehors du procédé d'appréciation de la valeur pratique d'un cohéreur que cette mesure constitue.

CONCLUSIONS. — Comme conclusions de cette trop longue revue des travaux et des expériences récentes faites en télégraphie sans fil nous ne voulons retenir que ceux relatifs à la mise en pratique des procédés de cette nouvelle télégraphie.

Si la continuation d'études du genre de celles entreprises et menées à bien par M. Tissot, de celles effectuées par M. Ferrié sont susceptibles d'éclairer de mieux en mieux les phénomènes utilisés en télégraphie sans fil et s'il est très désirable que ce genre d'études soit continué avec la même méthode et le même souci de rigueur, les expériences de communication à longue distance de M. Marconi, les essais de syntonisation d'ailleurs suivis d'insuccès de M. Marconi, de M. Slaby ne nous paraissent pas devoir présenter dans la pratique, seul domaine que ces essais intéressent, une bien grande utilité, ni répondre à la solution de problèmes vraiment pratiques.

Toutes ces installations à grandes distances et à dispositifs dits de syntonisation sont délicates, complexes et coûteuses, et n'assurent en aucune manière la sécurité des communications.

Comme le rendement télégraphique sera toujours très faible, comme le fait remarquer M. Ferrié (1), par suite de la lenteur obligée de la transmission, par l'effet des diverses causes de perturbations d'origine atmosphérique et aussi à cause de la presque impossibilité de transmettre ou de recevoir plusieurs messages simultanément, la télégraphie sans fil doit se résigner à demeurer une solution très élégante et très pratique du problème des communications à petites distances, suivant le domaine que nous lui traçions dans ce journal même il y a quelques années (2). Il est illusoire, pensons-nous, de vouloir la considérer comme une concurrente de la télégraphie avec conducteurs.

A. TURPAIN.

CONGRÈS DE MONTAUBAN

DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES (3)

Dans cet article nous continuerons la revue des communications présentées à la

SECTION DE PHYSIQUE

Sur l'influence de la capacité sur l'amortissement de la décharge d'un condensateur, par **R. Swyngedauw**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Lille.

D'après la théorie classique l'amortissement des oscillations d'une décharge doit uniquement dépendre du rapport R/L de la résistance à la self-induction. Mais cette théorie suppose plusieurs conditions non remplies en pratique; en particulier elle suppose les

(1) G. FERRIÉ. — Société internationale des Électriciens, 3 janvier 1902.

(2) A. TURPAIN. — *L'Éclairage Électrique*, 2 septembre 1899. Sur les applications possibles de la télégraphie dite sans fil.

Sur les applications pratiques des ondes électriques, p. 151 (Paris, C. Naud).

(3) Voir les numéros du 23 et 30 août, p. 265 et 301.

résistances constantes pendant toute la durée du phénomène, tandis qu'en réalité l'étincelle qui accompagne la décharge donne lieu à une variation de résistance. Aussi ses conséquences peuvent-elles se trouver parfois en défaut. C'est ce qui a lieu pour celle relative à l'amortissement car, par des expériences qu'il décrit dans sa communication, M. Swyngedauw a constaté que l'amortissement dépend essentiellement de la capacité et croit en sens inverse de cette dernière.

1° Dans une première série d'expériences, le dispositif était le suivant : Deux jarres C et C' ont leurs armatures externes reliées par un fil continu tandis que leurs armatures internes sont reliées par un fil interrompu par un excitateur.

La jarre C étant chargée à un certain potentiel V_0 une étincelle éclate en I pour une valeur convenable de la distance des boules de l'excitateur et la jarre C se décharge sur la jarre C'. Le potentiel final V_f est donné par la relation

$$V_f = V_0 \frac{C}{C+C'} \tag{1}$$

Ce potentiel final peut être atteint d'une façon continue ou par une série d'oscillations suivant la forme et la nature du circuit. Si l'on suppose les résistances constantes dès le début de la décharge, on trouve par un calcul facile, dans le cas où la décharge est oscillatoire, que la différence de potentiel entre les armatures de la jarre C' est donnée par l'expression

$$V' = V_f\left[1 - e^{-\frac{t}{\theta}}\left(\cos 2\pi\frac{t}{T} + \frac{1}{2\pi}\frac{T}{\theta}\sin 2\pi\frac{t}{T}\right)\right],$$

où θ représente la constante de temps et T la période d'oscillation de la décharge. On déduit de cette expression que si l'amortissement est faible V' peut atteindre une valeur plus grande que V_f et même une valeur sensiblement double de V_f et que le rapport du potentiel maximum V_m au potentiel final V_f est d'autant plus grand que la capacité de C' est plus faible.

Ce potentiel V_m est accessible à l'expérience. Pour cela il suffit de relier, par des fils courts, les deux armatures de la jarre C' aux deux boules d'un second excitateur E' et de chercher la distance maximum δ que l'on peut établir entre ces boules pour qu'il y jaillisse une étincelle quand le condensateur C, chargé à un potentiel toujours le même V_0, se décharge dans le condensateur C'. On détermine ensuite avec un électromètre de Bichat et de Blondlot la différence de potentiel correspondant à cette distance explosive et l'on a ainsi V_m [1].

Le potentiel initial V_0 est mesuré au moyen du même électromètre; le potentiel final V_f est calculé à l'aide de la relation (1).

Dans des expériences faites avec des condensateurs reliés par des fils de 0,8 mm de diamètre et de 1 à 2 m de longueur, M. Swyngedauw a obtenu les résultats suivants :

C	C'	V_0	$\frac{V_m}{V_f}$
0,005 microfarad	0,007 microfarad	87 u. é. s. C. G. S.	1,56
0,013 »	0,0002 »	60 »	1,20
0,013 »	20 u. é. s. C. G. S.	60 »	1,09

(1) Il convient d'opérer dans l'obscurité et avec des boules soigneusement polies à la toile d'émeri fin après chaque étincelle car dans ces conditions la distance explosive ne dépend pas, comme l'a établi M. Swyngedauw dans des recherches antérieures, de la rapidité plus ou moins grande avec laquelle se fait la charge de l'excitateur.

En réunissant les armatures externes par une bobine de 10^{-4} quadrant environ, il a obtenu :

C	C′	V_0	$\frac{V_m}{V_f}$
0,005 microfarad	0,007 microfarad	87 u. é. s. C. G. S.	1,89
0,013 »	0,0002 »	60 »	1,24
0,013 »	20 u. é. s. C. G. S.	66 »	1,14

Dans ce dernier cas le potentiel maximum V_m est plus grand que dans le premier; cela tient, suivant M. Swyngedauw, à ce fait que les fils qui joignent les armatures de C′ à l'excitateur E sont négligeables devant le reste du circuit dans le second cas et qu'ils ne le sont pas dans le premier; « dans le second cas V_m représente réellement le potentiel entre les armatures; il n'en est pas ainsi dans le premier. »

Malgré cette remarque restrictive on n'en conclut pas moins : « Les expériences précédentes montrent que *la diminution de la capacité d'un condensateur produit une augmentation d'amortissement des oscillations de la décharge*, *contraire aux prévisions de la théorie de Lord Kelvin*. Les résultats numériques rapportés indiquent que l'écart de cette théorie et de l'expérience peuvent être considérables pour les décharges de condensateurs de faibles capacités, de l'ordre de quelques unités électrostatiques C. G. S. »

2° Dans une seconde série d'expériences la décharge du condensateur C s'effectue dans une bobine intercalée, ainsi qu'un excitateur I, entre les armatures de C; entre les extrémités de la bobine se trouve disposé, en dérivation, un second excitateur E donnant le potentiel maximum V_m entre ces extrémités. L'écartement des boules de I correspondait à un potentiel explosif initial V_i de 82 unités électrostatiques. La bobine, constituée par un fil de 0,8 mm de diamètre, avait une self-induction de 10^{-4} quadrant.

Les mesures faites avec ce dispositif ont donné les résultats suivants :

C =	0,005 m. f.	200 C. G. S.	20 C. G. S.
$\frac{V_m}{V_i}$ =	0,98	0,78	0,39

« Sans doute dans ces dernières expériences, fait remarquer M. Swyngedauw, la capacité de la bobine intervient, mais l'erreur qu'on peut commettre de ce fait n'est pas de l'ordre de grandeur du phénomène à constater et nous voyons encore très nettement démontrée la proposition énoncée : la décharge est d'autant plus amortie que la capacité du condensateur est plus faible. »

« En résumé, ajoute-t-il, la théorie que Lord Kelvin a donnée des décharges des condensateurs ne représente pas les faits dans les premiers instants de la décharge; l'amortissement en particulier est beaucoup plus grand que celui que donnent les formules classiques, et on s'exposerait à de graves erreurs en les appliquant aux décharges de condensateurs de faible capacité tels que les excitateurs de Hertz. »

Action des radiations ultra-violettes sur la décharge électrique, par le D[r] **Bordier**.

La source de radiations ultra-violettes est un arc électrique; la décharge éclate entre les boules d'un excitateur reliées à une bobine et ces boules étaient fréquemment repolies. Lorsque l'arc est à une distance D de l'excitateur un flux continu d'étincelles éclate entre les boules pour une certaine distance *d* entre celles-ci et quand on fait croître D, cette dernière distance diminue. En effectuant des mesures de *d* pour diverses valeurs de D, puis représentant graphiquement leurs résultats en portant *d* en ordonnées et D en abscisses, M. Bor-

dier a obtenu une ligne droite. La relation entre d et D est donc de la forme $\alpha d + \beta D + \gamma = 0$, dans les limites des expériences.

Sur l'arc chantant et les contacts imparfaits, par le lieutenant de vaisseau **Tissot**.

Dans cette communication, l'auteur rappelle succintement les conditions dans lesquelles on obtient un arc chantant et décrit un nouveau phénomène qu'il a observé; il décrit ensuite diverses expériences sur les contacts imparfaits auxquelles l'ont amené l'étude de l'arc chantant; il termine en donnant une application de l'arc chantant à la mesure des faibles self-inductions.

I. On sait que si l'on met en dérivation sur un arc à courant continu (ou alternatif) un condensateur et une bobine de self-induction, l'arc rend, pour un réglage convenable, un son continu de caractère musical; la période de ce son est donnée par la formule $T = 2\pi\sqrt{LC}$, où C et L désignent respectivement la capacité et la self-induction du circuit dérivé [1].

Le son musical continu ne se produit que pour le réglage particulier de l'arc qui correspond à la limite de l'arc sifflant. Mais *si l'on vient à former le circuit dérivé de réactance après avoir établi l'arc normal, on entend se produire dans l'arc un petit bruit sec.*

Ce bruit sec est d'ailleurs en réalité un son musical de très courte durée. On en peut mettre le caractère en évidence d'une manière très nette en intercalant successivement dans le circuit dérivé, après l'avoir ouvert et fermé rapidement, un nombre croissant de spires choisi par exemple de façon à ce que les notes rendues correspondent aux accords de la gamme : l'artifice est analogue à celui qui consiste à montrer le caractère musical du choc d'une planchette en jetant l'une après l'autre sur le sol des planchettes de bois convenablement choisies.

II. Quand un courant alimente un arc chantant il se produit *une phénomène remarquable de résonance acoustique en tous les points du circuit où existe un contact imparfait* [2].

Ce phénomène de résonance se manifeste presque constamment dans les interrupteurs. Néanmoins le son rendu (qui est l'exacte reproduction du son donné par l'arc) ne devient particulièrement intense que si les contacts sont imparfaits, légèrement oxydés par exemple. En particulier on produit aisément le phénomène en fermant le circuit par une barrette de cuivre légèrement oxydé reposant sans pression sur deux plaques du même métal; il se produit d'ailleurs aussi avec tous les métaux essayés ainsi qu'avec un contact métal-charbon; les meilleurs résultats ont été obtenus avec des contacts comprenant du cuivre et du zinc ou du plomb. Le son obtenu, bien que moins intense que celui de l'arc lui-même, s'entend cependant à distance, dans toute une salle par exemple.

Le son ne disparaissant pas quand on prend à pleine main les pièces de contact, sa pro-

---

[1] « Pour la réussite de l'expérience il faut prendre certaines précautions. On doit ne faire usage que de charbons homogènes et donner au circuit dérivé une résistance inférieure à 2 ohms. D'ailleurs l'expérience montre que le phénomène se produit d'autant mieux que la résistance est plus faible, la capacité plus grande et la self-induction plus petite. En fait, les sons aigus ou suraigus se produisent et surtout se maintiennent plus aisément que les sons graves. Le son prend naissance pour un réglage de l'arc qui correspond à la limite de l'arc sifflant, au point de passage à l'arc normal. Au moment où s'établit le phénomène, il se produit une chute brusque de l'intensité dans le circuit d'alimentation. Cette intensité conserve ensuite une constance remarquable, si bien que la meilleure manière de maintenir le réglage de l'arc est de suivre un ampèremètre placé en circuit ».

[2] On sait qu'on peut faire chanter un second arc, produit entre charbons ou même entre métaux, placé sur le même circuit d'alimentation de l'arc chantant. M. Tissot pense que le phénomène qu'il signale est de la même nature que le précédent ; il en diffère cependant en ce qu'il se produit spontanément sans exiger de réglage.

duction ne paraît pas devoir être attribuée à un mouvement d'ensemble du système métallique. Par contre le phénomène est considérablement atténué quand on exerce une pression sur le contact, et si les surfaces en contact sont bien propres, le phénomène, toujours peu intense dans ce cas, disparaît complètement par une pression modérée. Aussi M. Tissot l'attribue-t-il à des variations périodiques dans la valeur des résistances de contact.

Une expérience qui confirme cette manière de voir est la suivante : on dispose dans le circuit de l'arc chantant une barrette de cuivre reposant par ses deux extrémités sur des blocs de plomb; entre ces blocs on établit un circuit dérivé comprenant une pile et le primaire d'une bobine d'induction; en reliant un téléphone aux deux extrémités du secondaire de cette bobine on entend le son de l'arc dans le téléphone (1).

Cette expérience est d'ailleurs à rapprocher d'une expérience du capitaine Ferrié sur les contacts imparfaits : un circuit comprenant une pile et l'enroulement primaire d'une petite bobine d'induction est fermé par le contact imparfait d'une pointe mousse sur un bloc métallique; la pointe fait partie d'une vis micrométrique qui permet de régler la pression du contact; pour un réglage convenable un téléphone branché aux bornes du secondaire de la petite bobine fait entendre un son.

Ce rapprochement conduisit M. Tissot à penser qu'il y a une étroite analogie entre les phénomènes que présentent les contacts imparfaits utilisés dans la télégraphie sans fil et ceux qu'il a observés dans les contacts imparfaits du circuit d'un arc chantant. Il se trouva ainsi amené à étudier comment se comportent sous l'action des ondes hertziennes le dispositif constitué par une barre de cuivre reposant sur deux blocs de plomb. Il constata que ce contact imparfait est susceptible de se comporter à volonté soit comme un cohéreur ordinaire, soit comme un cohéreur auto-décohérent, soit même comme un anti-cohéreur : il suffit pour cela d'intercaler le contact dans le circuit d'une pile ou mieux d'un potentiomètre et de régler convenablement la pression du contact et l'intensité du courant. Comme il est naturel que des phénomènes analogues soient produits par des causes analogues aussi, M. Tissot suggère que les phénomènes présentés par les cohéreurs sont dus à des dilatations locales provoqués par des effets thermiques au contact et il se propose de faire bientôt une étude spéciale pour élucider ce point.

III. La troisième partie de la communication est, comme nous l'avons dit, consacrée à l'exposé d'une application du phénomène de l'arc chantant à la mesure des faibles coefficients self-inductions (2).

M. Tissot a commencé par s'assurer, au moyen de mesures précises, de l'exactitude de la relation $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Pour cela il se servait d'enroulements inductifs de formes géométriques simples dont la self-induction pouvait être déterminée par le calcul et de condensateurs dont la capacité était déterminée expérimentalement avec une durée de charge voisine de celle qui correspond à la période du courant qui prend naissance dans l'arc (3).

(1) M. Tissot fait remarquer l'analogie que présente ce dispositif avec celui qui est connu sous le nom de « berceau de Trevelyan ». Rappelons que celui-ci consiste à poser en équilibre sur un bloc de plomb une masse de cuivre échauffée; le système entre en vibration, soit spontanément, soit sous l'influence du choc le plus léger ; selon les conditions du contact, il se produit une succession de chocs rythmiques plus ou moins rapprochés ou un son musical de hauteur variable. Or dans cette expérience le son résulte de la production de dilatations locales aux points de contact ; il est donc probable que dans l'expérience électrique l'explication est la même.

(2) Rappelons que M. Janet a également utilisé le phénomène de l'arc chantant pour la mesure des coefficients de self-induction (voir *Écl. Élect.*, t. XXVIII, p. 111, 20 juillet 1901); mais la méthode qu'emploie M. Janet, laquelle présente l'avantage de dispenser de la mesure de la hauteur du son donné par l'arc, est différente de celle qu'a appliquée M. Tissot.

(3) Cette précaution était indispensable, car à cause des différences de potentiel relativement grandes utilisées, il

Ces expériences préliminaires ayant démontré une fois de plus l'exactitude de la formule, M. Tissot s'est servi de celle-ci pour déterminer les coefficients de self-induction des dispositifs Blondlot (excitateur et résonateur) qu'il utilise dans ses recherches sur la télégraphie sans fil. Pour avoir T il emploie l'un des procédés suivants [1] : 1° Les rayons émis par l'arc chantant sont reçus sur un miroir tournant animé d'une vitesse modérée (5 tours par seconde au maximum) et reçus sur une plaque photographique ; on obtient alors une bande striée; 2° Les rayons de l'arc, concentrés par une lentille, tombent sur un papier sensible enroulé sur un tambour; sur ce même papier on reçoit la lumière reflechie par le miroir d'un électrodiapason [2].

Les phénomènes de luminescence dans les tubes à gaz raréfié et les dispositifs pour courants de haute fréquence, par **A. Turpain**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Poitiers.

I. Les dispositifs de production des courants de haute fréquence comportent tous l'emploi d'une bobine d'induction qui entretient un transformateur auquel sont joints un condensateur et un exploseur ou excitateur. La figure 1 représenle l'un de ces dispositifs ; b et b' sont les bornes d'une bobine d'induction, E l'excitateur, C le condensateur, p et p' les extrémités du secondaire du transformateur T constituant les pôles du dispositif producteur de haute fréquence.

M. Turpain s'est demandé si ces multiples appareils sont indispensables pour reproduire les effets lumineux que donnent les courants de haute fréquence, effets lumineux qu'il divise en deux catégories : 1° effet de *luminescence* se produisant à l'intérieur d'ampoules dont l'atmosphère est amenée à un degré convenable de raréfaction [3] ; 2° effet d'*incandescence* consistant dans l'entretient de lampes à incandescence [4]. Ses expériences l'ont amené aux constatations suivantes :

Les effets lumineux de la première catégorie peuvent être produits dans les même conditions et avec la même intensité alors qu'on supprime successivement le transformateur, le condensateur et même l'excitateur ; une bobine d'induction en activité suffit seule à les produire.

Les effets lumineux de la seconde catégorie nécessitent l'utilisation des appareils énoncés ci-dessus. Une seule bobine d'induction ne permet pas de les reproduire. Alors même que le transformateur et le condensateur sont adjoints à la bobine, si l'excitateur est supprimé, le phénomène d'incandescence est supprimé, seule la luminescence persiste.

II. Les expériences ayant conduit à ces résultats sont les suivantes :

Luminescence produite par la bobine de Ruhmkorff seule. — 1° Si l'on réunit un des pôles b de la bobine de Ruhmkorff à l'une des extrémités d'un solénoïde dont l'autre extrémité est libre, on constate qu'une ampoule à gaz rarefié déplacée dans le voisinage du solé-

---

convient de prendre, pour diminuer l'encombrement, des condensateurs à lame diélectrique solide, lesquels ont, ainsi qu'on le sait, une capacité dépendant dans une large mesure de la durée du courant de charge.

(1) Pour une évaluation approximative on peut se borner à déterminer le nombre de vibrations du son donné par l'arc en établissant l'unisson avec une sirène entraînée par un petit moteur électrique commandé par un rhéostat.

(2) Ainsi que nous l'avons dit dans l'exposé général des travaux de la section de Physique, M. Tissot a fait une communication des plus intéressantes sur la télégraphie sans fil, dans laquelle il a donné les résultats encore inédits de ses remarquables recherches sur cette question ; ces recherches se trouvant exposées dans l'article de M. Turpain publié dans ce numéro nous n'avons pas à analyser ici cette communication.

(3) Ce sont ces effets lumineux qui ont été obtenus pour la première fois par M. Tesla (*Electrical Engineer*, New-York, 13 mars 1891).

(4) Obtenus pour la première fois par M. Elihu Thomson (*Electrical Engineer*, New-York, février 1892.

noïde manifeste une luminescence comparable à celle obtenue avec le dispositif complet de la figure 1. — Le pôle b' de la bobine ne reçoit aucun conducteur.

2° Si l'extrémité libre du solénoïde de l'expérience précédente est réunie au pôle b' de telle sorte que le circuit induit de la bobine d'induction est fermé par le solénoïde, l'ampoule à gaz raréfié ne donne plus qu'une luminescence très atténuée et qui ne se manifeste qu'au voisinage du cylindre formé par la bobine d'induction (type O. Rochefort de 50 cm d'étincelle).

3° Si la bobine est mise en activité alors qu'aucun conducteur ne réunit les pôles b,b' qui sont tous les deux libres, un tube ou une ampoule à gaz raréfié déplacé au voisinage de la bobine manifeste une très vive luminescence.

4° Si l'on réunit les deux pôles de la bobine d'induction à deux grandes plaques métallique P (plaques carrées de 75 cm de côté) (fig. 2), un même tube à gaz raréfié disposé dans les régions 1 et 3 manifeste une très vive luminescence alors que déplacé dans la région 2 il ne donne lieu qu'à une luminescence très peu marquée.

Fig. 1.

5° L'un des pôles de la bobine, b, est relié à une des plaques P. L'autre pôle b' est laissé sans conducteur. Une seconde plaque P' est disposée paralèllement à la première et simplement isolée (fig. 3). — On constate une luminescence marquée en 1, en 2 et même en 3. — Il en est de même si au lieu d'un seul écran métallique P' on dispose deux et trois écrans métalliques ; la luminescence se manifeste non seulement aux abords de la plaque P reliée à b mais même à travers les trois écrans parallèles à P.

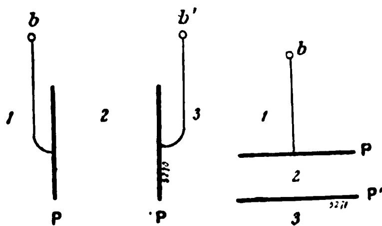


Fig. 2 et 3.

Comparaison de la luminescence produite avec la bobine d'induction seule et de celle obtenue avec le dispositif complet de la figure 1. — 1° Le dispositif de l'expérience précédente (fig. 3) est relié non plus au pôle b de la bobine d'induction, mais au pôle p du dispositif de production des courants de haute fréquence (fig. 1). — On observe une vive luminescence en 1 et en 2 mais aucune luminescence en 3.

2° Le dispositif de la figure 1 a son pôle p relié à une plaque P de 75 cm de côté, le pôle p' étant libre. La bobine d'induction, celle même qui alimente le dispositif (fig. 1), a son pôle b relié à la même plaque P, le pôle b' étant libre.

Dans ces conditions on constate que le dispositif (fig. 1) donne avec ou sans soufflage magnétique un champ luminescent de même intensité. Cette intensité est moindre que celle obtenue avec la seule bobine. Dans une expérience comparative, toutes choses égales d'ailleurs, un même tube cesse de s'illuminer à 60 cm de la plaque P du dispositif 1, alors qu'il s'illumine encore à 1,60 m de la plaque P reliée au pôle b de la seule bobine d'induction.

3° Etude de l'influence du condensateur C du dispositif (fig. 1). — Les choses étant disposées comme dans l'expérience précédente, la luminescence cesse de se produire :

Avec un condensateur de $0^{mf},025$ et sans soufflage, à 1 m de P.
» » et avec soufflage, à 1,10 m »
» de $0^{mf},06$ et avec soufflage, à 1,40 m »
» de $0^{mf},23$ et avec soufflage, à 1,73 m »
» » et avec soufflage, à 1,90 m »

Dans les mêmes conditions le champ produit par la bobine seule produit encore la luminescence du même tube à gaz raréfié à 2 m de la plaque P.

Conditions de production d'incandescence. — Pour produire l'incandescence on s'est servi d'un des dispositifs de M. Elihu Thomson, consistant à ne conserver que le primaire du transformateur T de la figure 1. La lampe à incandescence expérimentée est reliée aux deux extrémités d'une spire conductrice disposée concentriquement au solenoïde primaire de T. Dans ces conditions la mise en activité du dispositif produit l'incandescence du filament de la lampe.

On peut faire varier dans des limites assez éloignées la valeur de la capacité du condensateur C sans que l'incandescence cesse de se produire. On peut même supprimer complètement le condensateur, cependant dans ces conditions, l'incandescence se produit moins aisément. Par contre elle cesse complètement dès qu'on supprime l'excitateur E qui paraît être la partie essentielle du dispositif.

III. — Il était intéressant de rechercher quelle particularité de l'état électrique des conducteurs constituant le dispositif de la figure 1 les rend propres à produire l'incandescence et pourquoi ce dispositif n'est pas nécessaire pour la production de la luminescence.

A cet effet, M. Turpain a concentré à l'aide de deux fils conducteurs parallèles le champ produit par ces dispositifs et il a étudié le champ ainsi concentré à la manière dont on étudie le champ hertzien. Il s'est servi successivement du résonateur Hertz, du résonateur à coupure, de cloches à gaz raréfié à l'intérieur desquelles sont disposés des résonateurs électriques. En déplaçant un pont mobile établi sur les deux fils de concentration, il était aisé de mettre en évidence l'existence d'ondes stationnaires par la constatation des ventres et des nœuds successifs qui s'étagent le long des fils.

Dans le cas où le champ étudié est celui fourni par le dispositif de la figure 1 (les deux pôles p et p' sont munis de plaques métalliques parallèlement auxquelles sont disposées les plaques de concentration fixées aux extrémités des deux fils de concentration) on a pu mettre en évidence l'existence d'ondes stationnaires ; de plus on a observé qu'un soufflage énergique de l'étincelle de l'excitateur augmente l'intensité des phénomènes aux sections ventrales. Pa contre il a été impossible de déceler aucun phénomène d'ondes stationnaires dès que l'excitateur est supprimé et que le champ est produit par des dispositifs tels que ceux des figures 2 ou 3 qui n'utilisent qu'une seule bobine d'induction.

En intercalant dans une coupure pratiquée sur l'un des fils de concentration une longueur additionnelle égale à la demi-longueur d'onde des oscillations qui excitent le résonateur employé, M. Turpain a réussi à reproduire avec les dispositifs de haute fréquence les phénomènes du champ interférent ; toutefois il est plus difficile d'obtenir une interférence complète avec ces dispositifs que par l'emploi d'un simple excitateur de Hertz.

De ces expériences M. Turpain conclut :

Les effets de *luminescence* doivent être rapportés à de simples phénomènes d'induction susceptibles d'être rapprochés des effets d'illumination produits dans les tubes de Geissler.

Les effets d'*incandescence* nécessitent la production d'ondes électriques dont l'organe indispensable de production paraît être l'excitateur.

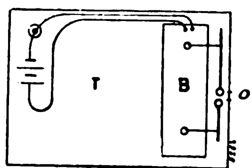
***Sur les propriétés des enceintes fermées relatives aux ondes électriques*, par A. Turpain.**

En télégraphie sans fil il est d'usage constant de protéger, au moyen d'enceintes métalliques fermées, les dispositifs récepteurs contre l'action nuisible d'excitateurs voisins. M. Turpain a étudié aussi complètement qu'il lui a été possible les effets que l'emploi des

enceintes fermées permet d'obtenir tant au point de vue de la pénétration des ondes à leur intérieur que de la concentration des ondes produites dans ces enceintes.

Après avoir rappelé les travaux antérieurs de M. Branly sur le même sujet [1], M. Turpain décrit les expériences qu'il a faites. En résumant cette description nous risquerions de passer sous silence quelque fait intéressant pour la pratique de la télégraphie hertzienne; pour cette raison nous donnons in-extenso le mémoire présenté par M. Turpain.

Dispositifs utilisés. — *Transmetteur.* — Le dispositif transmetteur T (fig. 1) est constitué par une bobine d'induction B pouvant donner des étincelles de 8 cm de longueur; cette bobine alimente un petit excitateur à 2 sphères de 1 cm de rayon; les sphères sont distantes de 0,5 mm. L'étincelle excitatrice éclate dans l'air. La bobine d'induction est alimentée par le courant de deux piles au bichromate associées en série.



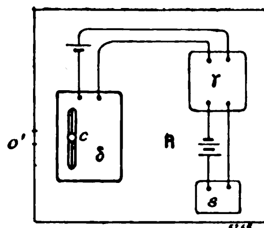


Fig. 1 et 2.

Le tout peut être contenu à l'intérieur d'une caisse de bois tapissée de feuilles d'étain de 0,05 mm d'épaisseur. La caisse mesure 30 cm de longueur, 22 cm de largeur et 20 cm de hauteur. — Un couvercle recouvert de feuilles d'étain ferme hermétiquement la caisse. — Une ouverture circulaire *o*, de 7 mm de diamètre, est pratiquée dans une paroi de la caisse à la hauteur du plan horizontal contenant l'axe de l'excitateur (à 14 cm du fond) et juste en face de l'étincelle excitatrice. — L'axe de l'excitateur est placé parallèlement à la face de la caisse munie de cette ouverture et à 4 cm de cette ouverture. Cette ouverture *o* peut d'ailleurs être supprimée à l'aide d'une petite feuille d'étain.

On peut aisément, en appuyant sur une portion mobile du revêtement d'étain du couvercle, agir de l'extérieur sur un bouton de contact qui ferme le circuit du transmetteur.

Récepteur. — Le récepteur R (fig. 2) est constitué par un cohéreur à limaille *c* disposé avec son frappeur, un relais Claude *r* et une sonnerie d'appel *s* à l'intérieur d'une caisse recouverte de feuilles d'étain et ayant comme dimensions : 42 cm de longueur, 25 cm de largeur et 24 cm de hauteur. — Cette caisse qui peut être fermée par un couvercle métallique est également percée d'une ouverture circulaire *o'* de 7 mm de diamètre pratiquée dans une face à 14 cm du fond. — L'axe du cohéreur est horizontal, parallèle à la face ainsi percée à 14 cm du fond et à 6 cm de cette face. L'ouverture *o'* se trouve juste en face de l'intervalle occupé par la limaille. On peut à volonté supprimer cette ouverture.

Les cohéreurs employés sont des cohéreurs à limaille, soit du type cohéreur magnétique de M. Tissot, soit du type à limaille d'or et d'argent. La plupart de ces cohéreurs ont été

[1] Les expériences de M. Branly (voir *Écl. Élect.*, t. XVI, p. 155, 23 juillet 1898) ont eu surtout pour but de montrer à quelle distance un radioconducteur enfermé dans une caisse à parois métalliques dont une des faces est pourvue d'ouvertures de formes variées, cesse d'être influencé par les ondes issues d'un radiateur. M. Branly a ainsi nettement mis en évidence le passage très facile qu'offrent des fentes verticales aux ondes émises par un excitateur d'axe horizontal. Des fentes horizontales cessent d'offrir passage aux ondes à des distances 6 à 8 fois moindres ; des ouvertures circulaires (0,7 cm²) ou carrées (4 cm²), à des distances 3 à 8 fois moindres, alors que la surface découverte est jusqu'à 40 fois plus grande que celle de la fente comparée.

mis aimablement à notre disposition par M. Tissot. L'un d'eux avait assuré des communications télégraphiques sans fil à 65 milles (120 km). — Le cohéreur était adapté à un dispositif récepteur ō tel que ceux en usage dans la marine française et construits, sur les indications de M. Tissot, par M. O. Rochefort qui nous a obligeamment prêté ce récepteur.

Conducteurs. — Les ouvertures *o*, *o'*, dont les caisses R et T sont mnnies peuvent recevoir :

1° Soit les extrémités d'un tube de verre A de 3 m de longueur recouvert sur toute sa surface d'un revêtement de feuille d'étain ;

2° Soit celles du même tube conducteur A à l'intérieur duquel on a disposé suivant l'axe un fil de cuivre de 1 mm de diamètre recouvert de gutta ;

3° Soit encore les extrémités d'un conducteur B formé d'un fil sous plomb de 10,50 m de longueur.

Expériences. — I. *Emploi des enceintes seules.* — *a*). Le transmetteur T étant à l'air libre et le récepteur R dans son enceinte complètement close (l'ouverture *o'* est supprimée), on ne constate aucune action de T sur R. (Ce fait a déjà été signalé par M. Branly.)

b). Dans ces conditions si une fente de moins de 1 mm de large est ménagée, par un faible glissement du couvercle, T agit sur R, et cela que la fente soit placée parallèlement à la longueur ou parallèlement à la largeur de la caisse. (Ce fait a été également signalé par M. Branly).

Inversement si R est à l'air libre et T disposé dans son enceinte on constate les mêmes faits : *a'*). Inaction, si l'enceinte est complètement close. *b'*). Action si une fente se trouve ménagée. (Ces faits ont été signalés par M. Branly.)

c). R et T étant disposés dans leurs enceintes respectives et les ouvertures *o* et *o'* débouchées l'une et l'autre, on ne constate aucune action de T sur R alors que la distance qui sépare les deux caisses est de 1 m.

II. *Emploi d'un fil conducteur.* — *a*). On réunit les deux enceintes par un fil conducteur isolé qui pénètre à travers les orifices *o* et *o'* sans être en contact avec le revêtement métallique des caisses. (Le fil est en contact avec l'une des sphères de l'excitateur et aboutit à 2 cm du cohéreur) : on constate que T agit sur R (fig. 3, *a*).

b). Si l'on vient à fermer l'orifice *o* du transmetteur (le fil est alors en contact avec le revêtement de l'enceinte) toute action de T sur R cesse (fig. 3, *b*). Mais il suffit de découvrir T pour qu'il actionne à nouveau R (fig. 3, *b*).

b'). On constate la même suite de faits en fermant l'orifice *o'* du récepteur R (celui, *o*, du transmetteur étant ouverte) et en découvrant le récepteur R (fig. 3, *b'*).

III. *Emploi du tube conducteur A.* — *a*). On réunit R et T par le tube conducteur A dont les extrémités sont engagées dans les orifices *o* et *o'*. Le tube pénétre dans les enceintes sans qu'il y ait contact avec le revêtement : T agit sur R. — Cest une variante de l'expérience II, *a*. (Fig. 4, *a*.)

b). L'orifice *o* de R est fermé de manière à ce qu'il y ait contact entre le revêtement conducteur et le tube A : T cesse d'agir sur R et cela alors même que l'on découvre T (fig. 4, *b*, b_1).

c). Si dans les mêmes conditions on découvre R, alors que T est couvert ou découvert, T agit sur R (fig. *c*).

b'). L'orifice *o'* de R laisse passer librement le tube conducteur A sans qu'il y ait contact entre le tube et le revêtement métallique de l'enceinte R; on bouche l'orifice *o* de telle sorte qu'il y a contact entre l'enceinte métallique de L et le tube A. — Dans ces conditions,

si R et T sont tous deux couverts, il n'y a aucune action de T sur R. — Si l'on découvre R en laissant T couvert, T n'agit pas sur R (fig. 4, b', b'_1).

c'). Mais si T est découvert, que R soit couvert ou non, T agit sur R.

d). Enfin lorsque les deux enceintes contenant R et T sont en contact avec le tube A (fig. 4, d) de manière à ce que l'ensemble des enceintes et du tube forme une enceinte métallique complètement close, T n'agit sur R. — Non seulement quand les deux caisses sont couvertes, mais alors même qu'elles sont découvertes soit toutes les deux, soit l'une ou l'autre, T n'agit pas sur R.

Si l'on reprend les dispositifs dans lesquels on constate que T agit sur R (expériences III, a, c, c') et que l'on ferme le tube A. en un point a par une cloison métallique on constate que la fermeture du tube n'empêche aucunement l'action de T sur R.

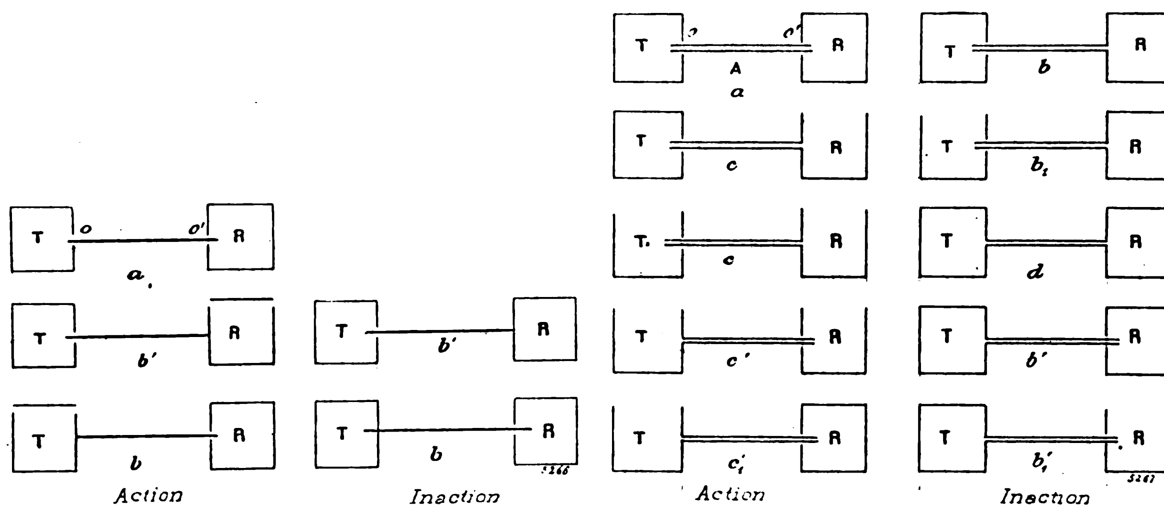


Fig. 3 et 4.

IV. *Emploi d'un câble à revêtement conducteur.* — Au lieu de faire communiqer les deux enceintes par un simple tube métallique A, on établit les communications avec un conducteur isolé à revêtement métallique. Ce conducteur est formé soit par le tube A dans l'axe duquel a été disposé un fil conducteur recouvert de gutta, soit encore par le câble conducteur sous le plomb B de 10,50 m de longueur.

a). Dans ces expériences le revêtement de plomb du conducteur est en contact continu avec le revêtement d'étain des enceintes. — Le fil conducteur de cuivre qui forme l'âme du câble met en communication l'une des sphères de l'excitateur avec l'un des pôles du cohéreur. — Comme on devait s'y attendre on constate une action de T sur R (fig. 5, a).

b). Vient-on à dénuder le câble sur une longueur de quelques centimètres (4 cm) de son revêtement de plomb et à mettre à nu le fil de cuivre axial, sans établir de contact entre ce fil de cuivre et le revêtement de plomb? l'action de T sur R continue à se manifester (fig. 5, b).

c). Mais si l'on réunit par un morceau de feuille d'étain les deux tronçons du tube de plomb et le fil conducteur de cuivre, T n'agit plus sur R (fig. 5, c).

d). Si la communication n'a lieu qu'entre le fil axial de cuivre et le tronçon de tube de plomb allant au transmetteur T, T agit sur R. (fig. 5, d),

e). Si, au contraire la communication est établie entre le fil axial de cuivre et le tronçon de tube de plomb allant au récepteur R, T n'agit plus sur R. (fig. 5, e),

Ainsi dès qu'on détache la position $\beta\beta'$ (voir fig. 5, *c*) de l'enveloppe d'étain de manière à supprimer la communication avec *r*. T agit sur R. Le rétablissement du contact continu entre *r* et le fil supprime l'action de T sur R.

Conclusions. — On peut résumer ainsi ces diverses expériences :

1° Chaque fois que T et R sont placés chacun dans une enceinte métallique complètement close, il n'y a aucune action possible de T sur R. (Fait signalé déjà par M. Branly).

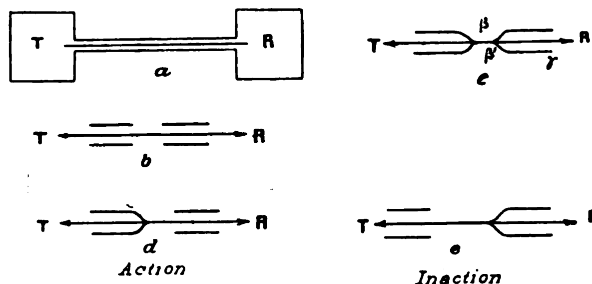


Fig. 5.

2° Si l'enceinte métallique qui contient T ou R est munie d'une seule petite ouverture circulaire à laquelle s'adapte un tube conducteur reliant les deux dispositifs, aucune action de T sur R n'est possible dans ces conditions. Mais il suffit de découvrir l'enceinte munie du tube pour que l'action ait lieu.

Les ondes qui ne pouvaient sortir de l'enceinte munie du tube ou y pénétrer peuvent alors agir de T sur R et se trouvent concentrées par le tube qui relie T et R.

Il faut noter en effet que les deux dispositifs T et R, disposés à l'air libre cessent d'agir l'un sur l'autre à une distance de 1 mètre.

3° Alors que la communication entre les deux enceintes est impossible lors même qu'un tube conducteur relie les bords des ouvertures circulaires pratiquées dans chaque enceinte, l'action de T sur R se manifeste si le tube conducteur pénètre dans les enceintes sans en toucher le revêtement. Mieux encore, T agit sur R, si le tube conducteur est muni suivant son axe d'un conducteur reliant les deux dispositifs.

4° Cette action de T sur R au moyen d'un câble à revêtement métallique peut même avoir lieu, alors que le câble est dénudé de son revêtement métallique sur une petite longueur, pourvu qu'il n'y ait pas communication entre le tronçon de câble allant vers le récepteur R et l'âme du câble. T agit sur R, alors même que le tronçon provenant du transmetteur T est en contact avec l'âme du câble.

Applications. — Dans les expériences précédentes, les dispositifs transmetteur et récepteur sont incapables d'agir l'un sur l'autre à l'air libre à plus d'un mètre de distance. On doit rapprocher de ce fait celui de la communication possible entre T et R placés à 10,50 m l'un de l'autre, au moyen d'enceintes métalliques et de câbles à revêtement conducteur.

Ces expériences indiquent les conditions dans lesquelles devront être placés les dispositifs producteurs d'ondes et les dispositifs récepteurs pour être utilisés dans la télégraphie hertzienne avec fil, alors que le fil conducteur est constitué par un câble.

Les câbles sous-marins ou sous-terrains sont tous munis de revêtement métallique. — Le revêtement métallique devra être continué autour du conducteur axial jusqu'au voisinage des dispositifs récepteur et transmetteur du poste télégraphique. — Ces dispositifs devront être situés dans une enceinte métallique fermée mise en relation par une ouverture avec le revêtement du câble. — Dans ces conditions, une concentration très puissante des ondes électriques sera obtenue.

Si l'on se contentait de relier le conducteur axial du câble aux appareils récepteur et transmetteur à la manière habituellement usitée en télégraphie ordinaire, aucune concentration des ondes ne pourrait être obtenue, les ondes passant du conducteur axial au revê-

tement métallique au point de la ligne où commence le câble, et étant de là disséminée dans le sol ou dans l'eau.

Ces expériences peuvent également fournir quelques renseignements utiles sur l'emploi des enceintes fermées en télégraphie sans fil. En particulier, il y aurait, peut-être, avantage à renfermer les organes transmetteurs d'une part, les organes récepteurs, d'autre part, dans des enceintes métalliques closes, munies chacune d'une seule ouverture circulaire à laquelle viendrait aboutir un câble sous plomb mettant en relation chaque dispositif avec l'antenne.

D'après l'expérience IV°,*d* il ne doit y avoir aucun inconvénient à relier le revêtement du câble qui vient du transmetteur au conducteur même de l'antenne. En ce qui concerne le récepteur, la mise en contact du revêtement du câble avec l'antenne constitue une très efficace et très commode protection des organes récepteurs contre les ondes issues du poste. Il suffirait, au moment de la réception, de supprimer cette relation, assurée par exemple au moyen d'une bague mobile, tout en maintenant les dispositifs récepteurs dans leur enceinte métallique.

La nécessité des prises de terre pour la réception et pour la transmission obligera toutefois à pratiquer dans chaque enceinte une seconde ouverture circulaire.

Application des ondes hertziennes au problème de la tarification mobile, par **J. Renous** ingénieur des Arts et Manufactures, et **A. Turpain**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Poitiers.

Dans cette communication est décrit un dispositif permettant de ralentir ou d'accélérer à volonté la marche des compteurs d'énergie disposés en un point quelconque d'un réseau de distribution électrique, et cela sans employer d'autres conducteurs que ceux nécessaires à la distribution, la manœuvre pouvant s'effectuer soit à l'usine génératrice, soit en tout autre point du réseau.

Ce dispositif est basé sur l'emploi des ondes hertziennes produites par un excitateur placé au poste de commande et concentrées par un fil métallique jusque sur le fil neutre du réseau supposé à trois fils. Ces ondes sont ensuite propagées par le fil neutre jusqu'aux compteurs, à chacun desquels on adjoint un cohéreur muni de son frappeur et un relais. Lorsque le cohéreur est impressionné, un courant traverse le relais et celui-ci ferme un circuit dont le courant a pour effet d'agir sur le compteur pour en accroître ou en diminuer la vitesse. Dans le cas des compteurs Thomson, les plus employés, cette variation de vitesse est obtenue par le déplacement d'aimants permanents dans le champ desquels tourne le disque de cuivre servant à l'amortissement.

Si l'on dispose de trois aimants, le jeu de l'excitateur hertzien amène successivement un, puis deux, et enfin les trois aimants à cheval sur le bord du disque amortisseur. Une nouvelle émission d'ondes produit un nouveau déplacement de la palette du relais, qui a pour effet d'éloigner ensemble les trois aimants du disque. On peut donc ainsi donner aux compteurs quatre régimes différents de vitesse ; un compteur témoin placé dans le poste de commande permettra de s'assurer que le régime imposé à tous les compteurs du réseau est bien celui que l'on désire.

Le courant circulant dans le circuit comprenant les cohéreurs et les relais est fourni soit par une pile spéciale placée chez l'abonné, soit mieux par une dérivation prise en deux points du circuit de distribution présentant une différence de potentiel de 1,5 à 2 volts.

Si l'on reliait directement le cohéreur au fil neutre du réseau, comme il a été supposé jusqu'ici, les variations brusques de la charge du réseau pourraient influencer le cohéreur.

Pour éviter cet inconvénient, la connexion entre le cohéreur et le fil neutre s'effectue par l'intermédiaire d'une bobine construite d'une manière spéciale. Cette bobine est obtenue par l'enroulement parallèle de deux conducteurs disposés comme le montre la figure 1. On choisit une longueur convenable de fil conducteur *l* soigneusement isolé, longueur pouvant varier, suivant les cas, entre 10 et 30 mètres, et on dispose parallèlement à ce fil, côte à côte de part et d'autre, un même conducteur isolé de longueur double *mnp*. On enroule ensuite ces deux conducteurs ainsi disposés sur une bobine, en les maintenant constamment bien voisins l'un de l'autre et en espaçant les spires de 1 cm environ. L'extrémité *m* du fil *mnp* est reliée à l'une des électrodes du cohéreur; l'extrémité *p* du même fil est isolée. L'extrémité *l* du second fil est reliée au fil neutre du réseau; l'autre extrémité est libre et isolée.

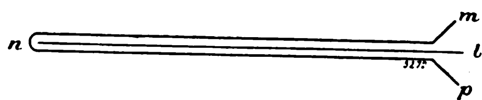


Fig. 1.

Les expériences faites par les auteurs ont permis de constater que ce dispositif fonctionne d'une manière très satisfaisante [1].

(*A suivre.*)

J. Blondin.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

DIVERS

Tube à interférences et ondes électriques, par **A. Becker**. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 23-63, mai 1902.

Le but de ce travail est de déterminer les longueurs d'onde au moyen du tube à interférences et d'appliquer cette détermination à la mesure des pouvoirs inducteurs [2].

Résultats. — La longueur d'onde mesurée ne dépend ni de l'excitateur, ni de la longueur

[1] La publication dans un des prochains numéros de ce journal d'un article de M. Turpain sur la « Prévision des orages » nous dispense de donner dans ce compte rendu une analyse de la communication faite par M. Turpain sur ce sujet.

[2] *Dispositif expérimental.* — L'excitateur est enfermé dans une caisse en zinc, dans la paroi antérieure de laquelle est pratiquée une ouverture de 8,5 cm de diamètre : à cette ouverture est fixé un tube de zinc de 34,6 cm de longueur,

A 29 cm de la caisse, le diamètre de ce tube se réduit à 6 cm, pour se réunir par un raccord de même grosseur au tube à interférences.

L'indicateur d'ondes est un cohéreur disposé horizontalement dans une caisse de fer-blanc, devant le centre d'une ouverture pratiquée dans la paroi antérieure de la caisse, ouverture dont le diamètre est de 6 cm. Ce cohéreur est inséré dans un circuit avec trois accumulateurs, une résistance variable et un relais.

Quand le cohéreur diminue de résistance, le relais entre en action et ferme le circuit d'une sonnerie.

L'excitateur est alimenté par une bobine donnant 3 cm d'étincelle dans l'air.

Deux tubes à interférences de dimensions différentes servent à la mesure des longueurs d'onde. Le premier a les dimensions indiquées sur la figure 1. L'autre plus étroit, a 3,1 cm de diamètre, les boites de raccord, 5 cm en tous sens. La distance entre les centres MM' de ces boîtes, mesurée suivant l'axe du tube à tirage, est de 83,5 cm; le tirage maximum est de 19 cm.

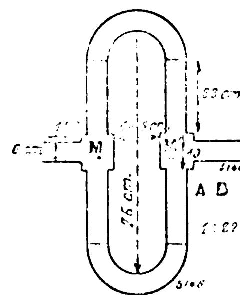


Fig. 1.

Les raccords AB qui servent à relier le tube à la caisse de l'excitateur et à celle du cohéreur ont 11 cm de long.

totale du tube à interférences, ni du cohéreur. Il faut en conclure qu'on observe seulement que la longueur est dans un rapport déterminé avec les dimensions transversales du tube.

Le tube à interférences joue le rôle de polariseur. — Quand les branches du tube à interférences sont verticales, le cohéreur n'est plus impressionné, quelle que soit son orientation. Si on fait tourner le tube de manière à le rapprocher de la position horizontale, le cohéreur recommence à être impressionné quand l'inclinaison du tube a atteint une certaine valeur. Il faut en conclure que le tube agit comme un polariseur et ne laisse passer, sans les affaiblir, que les vibrations qui sont parallèles au plan des axes des branches. Des autres, il ne transmet que la composante parallèle à ce plan. Cette propriété permet de déterminer la direction des vibrations émises par un excitateur donné(1).

Si l'excitateur IV avait une sphère massive de zinc de 4 cm de diamètre, $\beta = 45°$. Si on faisait tourner le plan de vibration de l'excitateur de 15°, l'angle limite était de 30° : ce qui donne aussi $\beta = 45°$.

Expériences avec le tube en T. — Un tube de zinc AB est disposé entre l'excitateur et l'indicateur : en son milieu ce tube porte une boîte de raccord cubique dans laquelle est soudé un second tube C perpendiculaire au premier. Dans ce deuxième tube en glisse un autre à fond fermé C′ : les ondes se réfléchissent sur ce fond et reviennent sur leur trajet primitif(2).

Par exemple, avec l'excitateur II, on avait $\alpha = 62°$ et avec l'excitateur IV placé à la même distance $\beta = 39°$. Les intensités se trouvaient donc dans le rapport :

$$\frac{A^2_\alpha}{A^2_\beta} = \frac{\cos^2 39°}{\cos^2 62°} = 2,74.$$

D'une manière générale, les différences entre les élongations observées pour les différents tira-

---

Excitateurs. — *Excitateur I* : quatre boules disposées sur la ligne focale d'un réflecteur parabolique.

Entre les deux boules centrales (longues de 3,65 cm y compris un prolongement conique) éclate l'étincelle active, dans l'huile de paraffine ; les autres sont reliées aux pôles de la bobine.

Excitateur II (Voir fig. 2) : les grosses boules, de laiton nickelé, sont creuses et ont 3,85 cm de diamètre ; les fils de cuivre qui portent les petites boules ont 5,06 mm, les petites boules 1,28.

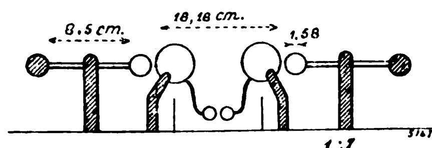


Fig. 2.

Excitateur III : analogue à celui de Hertz : un cylindre de cuivre, de 1,95 cm de diamètre et 26 cm de longueur totale, coupé en son milieu par un exploseur dont les boules ont 2,07 cm de rayon, le tout enfermé dans un tube de verre contenant de l'huile de paraffine.

Excitateur IV : une seule boule creuse en zinc, de 5 cm de diamètre ; de part et d'autre des boules en zinc de 1,98 cm fixées à des tiges de cuivre de 6,3 cm de long.

Excitateur V : trois boules massives en zinc de 3 cm ; deux boules de 1,04 cm reliées à la bobine ; par conséquent, quatre étincelles.

Excitateur VI : comme le grand excitateur de Hertz ; tiges de cuivre longues de 41 cm, grosses de 0,72 cm, portant à une de leurs extrémités des plaques de zinc carrées de 40 cm et à l'autre des boules de 3 cm entre lesquelles éclate l'étincelle.

Cohéreurs. — A. Tube de verre long de 15 cm, sur un diamètre de 2 cm rempli de petites vis en fer (pesant 0,065 gr) sur les trois quarts de la longueur ;

B. Comme A, mais long de 4 cm seulement ;

C. Cohéreur à limaille de bronze, long de 9,5 cm.

D. Comme C mais long de 7,8 cm.

Marche des expériences. Les excitateurs sont placés à une distance *a* variable de l'ouverture de la caisse.

Soit S_2 le tirage de la branche du tube à interférences qui est maintenu invariable, S_2 celui de l'autre

On note les valeurs de S_1 pour lesquelles la sonnerie n'est pas actionnée.

(1) L'angle limite qui correspond à la mise en action de la sonnerie reste à peu près constant dans les mêmes conditions expérimentales, mais varie avec l'amplitude de la vibration. On peut ainsi comparer l'énergie des vibrations. Soit μ la valeur de l'amplitude pour laquelle la sonnerie n'est plus impressionnée, A_α et A_β les amplitudes de deux vibrations incidentes quelconques, α et β les angles que fait la direction de l'axe de l'excitateur avec le plan du tube quand chacune de ces vibrations cesse d'actionner la sonnerie. Si μ est constant :

$$\mu = A_\alpha \cos \alpha = A_\beta \cos \beta$$

(2) Deux tubes ont servi aux mesures : dans l'un la boîte de raccord à 10 cm de côté, les deux branches du T 23,5 cm de longueur, la branche latérale 10,3 cm ; le diamètre des tubes est de 6,1 cm. L'autre a les mêmes longueurs, mais son diamètre n'est que 4, 1 cm.

Le cohéreur se trouve dans une boîte en zinc (16 × 16 × 15 cm), à 3 cm de l'ouverture : on évalue l'action des ondes au moyen d'un galvanomètre. Le cohéreur est un Marconi à électrodes d'argent et à limaille de nickel-argent.

ges du tube latéral, sont moins accusées qu'en employant le tube à interférences. En mettant en avant du tube en T un autre tube de 1,2 m ayant même diamètre, on ne change pas beaucoup les résultats. Au contraire, en intercalant le tube à interférences et limitant le trajet des ondes à 1,2 m par un diaphragme qui ferme l'une des branches, on obtient des interférences très nettes.

Les longueurs d'onde se trouvent, avec les dimensions transversales du tube, dans le même rapport que dans les expériences précédentes, que les ondes aient ou non traversé le tube à interférences avant le tube en T. Elles ne dépendent ni de la distance de l'excitateur, ni de la distance du cohéreur aux extrémités des tubes.

Quand le tube latéral C s'éloigne de la direction horizontale, la différence entre les élongations maxima et minima diminue.

On peut mesurer la longueur d'onde en faisant réfléchir les ondes non plus sur le fond du tube C′, mais sur une feuille de métal placée dans l'air à quelque distance : on trouve ce résultat assez singulier que ces longueurs d'onde sont plus petites.

Avec un tube en double T, les élongations maxima et minima augmentent, mais leur différence n'est pas plus accusée.

De la comparaison entre les deux tubes de différents diamètres, on conclut que la longueur d'onde mesurée est dans le même rapport constant avec le diamètre des tubes que l'on emploie le tube à interférences ou le tube en T.

Mesure des pouvoirs inducteurs. — L'auteur a utilisé pour cette mesure les tubes en T ; l'expérience peut se faire sous trois formes différentes.

Si le diélectrique est liquide, on le met dans une cuve de verre à parois parallèles devant l'ouverture du tube C dont on a supprimé le tirage. Dans cette cuve, on peut déplacer de quantités connues un petit réflecteur métallique, normal à la direction de propagation des ondes. Des positions qui correspondent à deux maxima, on déduit le pouvoir inducteur.

On peut aussi mesurer le déplacement des maxima et des minima qui résulte de l'introduction du diélectrique dans la région où se forment les ondes stationnaires. Cette méthode est applicable aussi bien aux diélectriques solides et liquides.

Enfin on peut disposer le tube en T de manière que la branche latérale soit verticale et dirigée vers le bas; on soude au bord du tirage C′ une collerette de 2 cm de haut et dans le récipient ainsi formé on met le diélectrique liquide qu'on déplace en même temps que le tirage. On détermine le déplacement des maxima et des minima provoqué par la présence de l'isolant.

M. Lamotte.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 21 juillet 1902.

Actions électrolytiques manifestes, developpées par les piles constituées par la réaction de deux liquides renfermant l'un un acide, l'autre un alcali; par **M. Berthelot**, *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 129-133.

L'auteur a constaté que des piles de ce genre sont susceptibles de déterminer des électrolyses visibles et continues. Dans cinq séries d'expériences, l'alcali était une solution de soude et les acides étaient respectivement les acides chlorhydrique, sulfurique, lactique, oxalique, acétique ; dans une sixième série, les liquides étaient l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque. Les résultats obtenus conduisent l'auteur à la conclusion suivante :

« D'après ces expériences, les piles fondées sur la combinaison d'un acide et d'une base possèdent une force électromotrice définie, développent un courant continu d'une intensité mesurable, et sont susceptibles d'électrolyser l'eau acidulée et additionnée de pyrogallol d'une façon continue et visible, sous pression réduite, en en dégageant de l'hydrogène. »

Anomalies présentées par la charge de conducteurs isolés sur des diélectriques solides. Phénomènes magnétiques particuliers constatés au voisinage de nœuds d'oscillations électriques; par **V. Crémieu,** *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 153-155.

Au cours de ses recherches sur la convection

électrique, M. Crémieu a observé les deux séries de faits suivantes :

1° Dans ces expériences, des secteurs de micanite mobiles dorés sur les deux faces se chargeaient par influence entre deux secteurs fixes et l'on pouvait mesurer la charge prise, puis abandonnée par eux. En faisant des séries de mesures quand on charge les secteurs fixes successivement + et —, on a observé que les débits mesurés sont constamment plus forts quand les secteurs mobiles sont chargés positivement que lorsque leur charge est négative.

Dans certaines séries, les secteurs de micanite étaient entièrement dorés; ils étaient isolés les uns des autres par l'air et le disque d'ébonite sur lesquels ils sont fixés. La dissymétrie entre les débits des deux signes atteint alors 25 à 30 p. 100 en faveur des charges positives.

Dans d'autres séries, les secteurs de micanite étaient dorés sur 5 cm de large, l'isolement était dû à la micanite même, à l'ébonite et à l'air. La dissymétrie était alors de 75 à 100 p. 100 en faveur des charges positives.

Enfin, dans certaines conditions, qui n'ont pu être encore exactement précisées, la dorure, après avoir été chargée positivement pendant un certain temps refuse complètement de se charger négativement; les débits négatifs deviennent nuls.

Ces phénomènes, qui paraissent dus à la pénétration des charges, se produisent dès les premières mesures effectuées même avec des diélectriques neufs. Ils paraissent ne se produire qu'à partir de certains voltages, 4 000 volts pour la micanite, beaucoup plus pour l'ébonite.

Lorsqu'on fait des séries de mesures en élevant graduellement le potentiel de charge, les dissymétries augmentent avec ces potentiels et sont toujours en faveur des charges positives ; mais, si l'on vient à diminuer ensuite les potentiels, on constate que les dissymétries sont en faveur des charges négatives et du même ordre de grandeur.

L'étude de ces faits est rendue extrêmement difficile, parce que les phénomènes dépendent en partie de l'état initial des diélectriques, qu'il est impossible de connaître.

2° Au cours des vérifications opérées à l'aide de la nappe témoin placée sous les secteurs mobiles, le phénomène suivant a été observé :

Imaginons une lame métallique L, reliée à l'extrémité d'un conducteur C sans self-induction et de faible résistance, dont l'autre extrémité est au sol. Plaçons au-dessus de la lame L, supposée horizontale, un système astatique enfermé dans un écran électrique. Si nous venons alors à décharger un condensateur en un point du conducteur C intermédiaire entre L et le sol, le système magnétique placé au-dessus de L recevra une violente impulsion, suivie d'un changement de zéro très notable qui dénote une véritable démagnétisation des aiguilles aimantées.

Avec des systèmes très sensibles, les impulsions ont provoqué plusieurs tours complets et le zéro a varié de 180°.

Si la lame L est placée verticalement, en avant ou en arrière du système astatique, celui-ci reçoit des impulsions d'un caractère différent. Le système astatique se comporte comme s'il recevait un choc latéral; on ne constate d'ailleurs pas de changement de zéro dans ce second cas.

Si l'on décharge le condensateur sur la ligne C à travers une forte résistance liquide, tous ces phenomènes disparaissent. Ils disparaissent encore si l'on interpose un très large écran électrique, relié au sol, entre la lame et l'écran électrique qui contient le système astatique. Au contraire, un écran de faibles dimensions par rapport à L, et relié au sol, ou un large écran isolé, sont sans action appréciable.

Enfin, si l'on relie la lame L à un deuxième fil dont l'autre extrémité soit isolée et loin de L, le système astatique ne reçoit plus aucune impulsion. Ce dernier fait semble bien démontrer que la lame L doit se trouver à un nœud de vibration pour produire les effets décrits.

Il semble donc bien que ces phénomènes présentent un caractère hertzien. Mais leur action sur des aimants permanents, protégés par un écran électrique fermé, paraît pour le moment inexplicable.

Il semble cependant qu'on puisse déjà en tirer une conclusion relative aux expériences de convection électrique.

Dans toutes ces expériences, on charge et décharge brusquement les corps en mouvement; ces mouvements eux-mêmes s'accompagnent de variations assez brusques dans la distribution électrique. Il est vraisemblable que ces variations et ces décharges donnent lieu à des phénomènes de l'ordre de celui qui vient d'être

décrit, et ceux-ci pourront agir sur les systèmes magnétiques ou les bobines induites placées au voisinage, même à l'intérieur d'écrans électriques.

« Il est impossible, conclut M. Crémieu, de tirer, pour le moment, de ces différents faits, des conclusions définitives au sujet de l'effet magnétique de la convection électrique. J'ai cru toutefois devoir les signaler dès maintenant à l'attention des expérimentateurs qui ont abordé le sujet.

» En particulier, les dissymétries observées dans la charge des couches métalliques déposées sur des diélectriques solides montrent combien sont illusoires les calculs basés sur la capacité géométrique de ces couches, et les coïncidences entre les résultats de pareils calculs et des prévisions théoriques. »

Sur les phénomènes mécaniques de la décharge disruptive, par **Jules Semenow**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 155-158.

On admet généralement que, lorsqu'une étincelle jaillit entre deux conducteurs, les particules matérielles sont arrachées de chaque pôle et transportées sur le pôle opposé. L'auteur a constaté que tel n'est pas le cas et que les phénomènes qui se produisent sur les deux pôles sont d'espèces différentes.

Par diverses expériences dont le détail est indiqué ci-dessous [1] il arrive à la conclusion suivante :

« Il n'y a pas d'arrachement de particules du pôle positif et la matière transportée par l'étincelle vers le pôle négatif provient exclusivement

---

[1] « Je fais passer, dit-il, la décharge d'une bobine d'induction entre une flamme de gaz et une solution saline renfermée dans un tube de verre de 0,5 mm à 1 mm de diamètre intérieur. Lorsque la solution est placée au pôle négatif, les particules constituant le flux anodique arrivent avec une grande vitesse sur la surface du liquide qui sous l'influence de cette *chute*, jaillit du tube sous forme d'un jet lumineux. Ce jet, qui peut atteindre plusieurs millimètres de longueur, est doué d'un éclat considérable, fait dont on a, comme on sait, tiré un grand profit pour l'étude spectroscopique des solutions salines. J'ai trouvé que la direction du jet dépend de l'angle formé par le plan de l'orifice du tube avec l'axe de ce dernier. Quand l'ouverture est droite, le jet lumineux du liquide paraît se diriger parallèlement à l'étincelle. Mais si l'on taille en biseau l'extrémité du tube, le jet lumineux, tout en conservant sa base au point d'aboutissement de l'étincelle, s'en écarte d'autant plus que l'angle d'incidence de l'étincelle est plus grand. On peut en conclure que le flux anodique, en se réfléchissant sur la surface du pôle négatif liquide, entraîne avec lui une partie de la solution saline, sous forme de jet lumineux. L'énergie du flux anodique sert de la sorte à la production du travail. Il en résulte que la cathode s'échauffe beaucoup moins que dans le cas où il n'y a pas de travail produit. Et, de ce fait, le liquide du pôle négatif n'entre jamais en ébullition ; par contre la quantité de chaleur dégagée sur une cathode solide, où il n'y a aucune production de travail, est suffisante pour faire fondre une aiguille en acier.

» La réflexion du flux anodique sur le gaz donne lieu au même phénomène que dans le cas des liquides. J'ai déjà signalé, dans une communication antérieure (*Écl. Élect.*, t. XXXI, p. 410), le dédoublement de la flamme au pôle négatif, et j'ai donné le nom de ***reflux cathodique*** à ce phénomène. On peut le définir comme un entraînement de matière par le flux anodique après sa réflexion sur la cathode.

» J'ai observé encore un autre phénomène secondaire, accompagnant la réflexion du flux anodique sur la cathode liquide. Il consiste dans la formation, autour de la cathode, d'une nuée de gouttelettes microscopiques voltigeant autour de l'étincelle comme la poussière dans un faisceau de rayons lumineux. Une lame de verre, introduite dans cette région, se recouvre d'une buée qui, examinée au microscope, se présente comme une multitude de gouttelettes toutes de même ordre de grandeur (quelques centièmes de millimètre). Le liquide s'évapore très vite, abandonnant sur le verre des cristaux parfaitement bien formés. Quand le liquide faisant office de cathode est une solution de Na Cl, on aperçoit, au microscope, sur la lame de verre, des cubes transparents assemblés en anneaux et dessinant ainsi les contours des gouttelettes évaporées ; à l'intérieur de ces anneaux se trouvent clairsemés d'autres cubes de plus grandes dimensions, souvent munis de trémies. Il s'ensuit que le liquide, projeté sous forme de poussière en dehors du tube, n'est pas altéré. La cause du phénomène en question est donc purement mécanique. On se trouve en présence de quelque chose d'analogue au nuage qui se forme au bas d'une chute d'eau. Lorsque l'ouverture du tube, contenant la solution, est perpendiculaire à l'axe, aucun courant d'air extérieur ne venant troubler le phénomène, la poussière liquide se dirige vers le pôle positif.

» Le chemin que prennent ces gouttelettes peut être déterminé par l'expérience suivante. L'étincelle éclate entre deux tubes de verre remplis de $CuCl^2$ et disposés horizontalement. Au-dessous de ces tubes, à une distance de quelques millimètres, dans un plan horizontal, est placée une lame de mica percée d'une ouverture. Les extrémités des tubes se trouvent juste au-dessus des points extrêmes du grand diamètre de cette ouverture elliptique destinée au passage d'une petite flamme. Lorsque la flamme se trouve en communication avec le pôle négatif, la poussière liquide se dirige vers le pôle positif contournant la flamme et déposant des cristaux sur la lame de mica, où elle trace ainsi l'empreinte de son trajet. Si la flamme est positive : les cristaux se déposent à

du gaz ou de la vapeur se trouvant au voisinage immédiat du pôle positif. »

Photographie d'un éclair multiple, par **Piltschikoff**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 158-159.

L'auteur présente à l'Académie une photographie d'éclair, faite le 11 mai dernier par M. Pedaeff, au nouvel observatoire météorologique de l'Université de Kharkov.

« L'intérêt particulier de cette photographie consiste, dit-il, en ce qu'elle représente un éclair *multiple* avec plusieurs branches qui paraissent être rigoureusement parallèles. Une branche A de l'éclair, d'une longueur d'environ 4 km, traverse la plaque dans la direction horizontale; elle est suivie sur environ 330 m (comptés en ligne droite) dans sa partie gauche par une autre branche B, et dans sa partie droite, sur environ 770 m, par une nouvelle branche C. Ces deux branches B et C, étant bien parallèles à la branche A, en gagnant le milieu de la plaque, quittent la branche principale A et tombent au bas de la plaque (au sol) et, ce qui est plus remarquable, les parties descendantes des branches B et C sont aussi parallèles.

» Les branches A, B et d'autres sont linéaires, la branche C est un éclair-bande.

» La distance entre les branches A et B et les branches A et C dans leurs parties parallèles est au moins de 16 m; entre les branches B et C, dans leur partie parallèle, la distance est au moins de 22 m. »

droite et à gauche du pôle négatif, sans manifester de tendance à dépasser la flamme.

» Lorsqu'on fait passer la décharge entre une flamme et une solution saline placée (dans un tube de verre) au pôle positif, l'eau s'évapore très vite et il pousse sur l'orifice du tube un champignon de sel décomposé par l'électrolyse et par la chaleur; des vapeurs métalliques se produisent et la flamme se colore faiblement, suivant le sel employé. Mais, si le liquide s'écoule goutte à goutte, l'étincelle jaillit entre la flamme et chaque goutte en voie de formation. Dans ce cas, ni l'étincelle ni la flamme ne se colorent jamais, même quand on se sert du NaCl. Avec le dispositif décrit plus haut, j'ai pu, en analysant les dépôts cristallins sur la lame de mica, constater les faits suivants : si l'on fait passer la décharge entre deux sels différents, par exemple entre une solution de $CuSO^4$ au pôle positif et une solution de NaCl au pôle négatif, il se forme sur le mica un dépôt composé exclusivement de cristaux de NaCl, si l'écoulement au pôle positif est constant. Mais, dès qu'on arrête cet écoulement, on voit se déposer, parmi les cristaux de NaCl, des globules opaques qui communiquent une coloration bleue à une goutte d'ammoniaque. La matière de l'anode même n'est donc transportée que si l'échauffement du pôle positif donne lieu à la production de vapeurs métalliques. »

Sur la biréfringence magnétique, par **Quirino Majorana**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 159-161.

Voulant rechercher dans un champ magnétique un phénomène analogue à celui de Kerr en électrostatique, l'auteur a entrepris des expériences en faisant agir un champ magnétique sur des solutions particulières de substances magnétiques. Il signale tout d'abord la *biréfringence magnétique* dans les solutions de chlorure ferreux et de fer dialysé, mise en évidence par plusieurs expériences dont on trouvera le détail ci-dessous [1].

[1] « Le champ magnétique est produit par un électroaimant du type Weiss. Les pôles sont garnis d'expansions linéaires avec un entrefer de 0,008 m; la longueur du champ, normalement aux lignes de force, est de 0,07 m, et l'intensité peut atteindre 18 000 unités. Une petite cuvette destinée à recevoir le liquide est fermée par des plaques de verre de la meilleure qualité. La source de lumière est une lampe électrique à filament très brillant, ou bien un arc voltaïque. Entre la cuvette et l'analyseur sont placées deux lames de verre qui peuvent être comprimées par des vis et peuvent tourner séparément avec leur monture autour de l'axe optique du système. L'une d'elles, C, convenablement comprimée et tournée, compense la biréfringence accidentelle des plaques de la cuvette; l'autre, C', sert à mesurer la biréfringence que l'on étudie, autant du moins que la différence de marche reste inférieure à 1/4 de longueur d'onde du jaune. Pour des valeurs supérieures, on procède comme il sera indiqué par la suite.

» Après avoir introduit le liquide dans la petite cuvette, on règle le système des nicols et le compensateur C de façon à obtenir l'obscurité. Si le plan de polarisation est parallèle ou normal aux lignes de force, on ne voit jamais reparaître la lumière en excitant le champ. Mais, si ce plan est dans l'azimut de 45°, une certaine quantité de lumière reparaît sous l'influence du champ, quand le liquide est actif. On peut l'éteindre en comprimant le compensateur C' parallèlement ou normalement aux lignes de force. Ces deux cas correspondent à la manière dont se comporte, sous l'action du champ, un cristal uniaxe parallèle aux lignes de force, respectivement positif ou négatif.

» La solution de *chlorure ferreux*, de récente préparation et peu concentrée, donne souvent une trace de biréfringence positive. Pour 18 000 unités, la différence de marche des deux rayons, ordinaire et extraordinaire, est égale à 2 p. 100 ou 3 p. 100 de longueur d'onde.

» Le *fer dialysé* ou *oxyde ferrique colloïdal* présente, dans certains cas, des phénomènes bien plus marqués. Voici les différents types de ce liquide :

» *Premier type*. — Il donne une biréfringence positive très nette, régulièrement croissante avec le champ. On

Bien que le phénomène de l'inversion rende l'étude des lois de la biréfringence assez difficile, on peut vérifier avec une bonne approximation, si la partie positive est très réduite, et moyennant le spectroscope, les lois suivantes :

La biréfringence β est : 1° proportionnelle à l'épaisseur l du liquide normalement aux lignes de force ; 2° à la concentration du liquide, ou à l'excès $\delta - 1$ de la densité par rapport à l'eau sur l'unité ; 3° au carré du champ H ; 4° en raison inverse du carré de la longueur d'onde λ. D'où

peut, dans tous les cas, la compenser en comprimant le compensateur C' parallèlement au champ. C'est le type le plus commnn, et les préparations ordinaires récentes en fournissent très facilement des échantillons.

» *Deuxième type.* — Biréfringence de même ordre, mais plus faible, négative. Ce cas est plutôt rare ; je ne l'ai rencontré que dans des échantillons récents de *fer Bravais*.

» *Troisième type.* — Biréfringence d'abord positive ; elle s'annule pour une certaine valeur du champ (point d'inversion), pour devenir fortement négative avec l'accroissement du champ (*fer Bravais ou Erba ayant au moins 10 années*).

» *Quatrième type.* — Biréfringence faible, ordinairement positive, unie à rotation bimagnétique. Ce type est également assez rare ; je ne m'en occuperai pas pour le moment.

» Le liquide du premier type, à la densité de 1,002, donne, avec le champ maximum (18 000 unités), une biréfringence de 0,33 λ dans le rouge. A 5 000 ou 6 000 unités, le phénomène est inobservable.

» Pour le fer Bravais vieux et très actif (troisième type), le liquide fut dilué à la densité de 1,001, parce qu'il a un grand pouvoir absorbant. A 3 000 unités, la biréfringence positive est maximum (0,6 λ) ; à 5 450 unités, point d'inversion ; la biréfringence passe à des valeurs négatives et croît rapidement en valeur absolue.

» Le compensateur C' ne pouvant plus servir, on le remplace par un spectroscope à la suite de l'analyseur. On observe seulement une partie du spectre d'absorption dans le jaune, car, pour une même valeur du champ, la biréfringence varie avec la couleur.

» En augmentant la force du champ, l'extinction se reproduit chaque fois que la différence de marche passe par un nombre entier de longueurs d'onde.

» De cette manière, on peut faire les observations suivantes :

Champ. . . .	0	5450	8500	10725	13075	15000	17250
Biréfringence .	0	0	λ	2 λ	3 λ	4 λ	5 λ

» Tous les échantillons de fer dialysé que j'ai étudiés rentrent dans ces trois cas ; je crois que la variété des phénomènes observés doit être attribuée à l'âge des différents échantillons. Il est certain que, si l'oxyde ferrique colloïdal n'est pas coagulé et est très vieux, il présente des phénomènes d'une netteté et d'une intensité remarquables. »

la formule

$$\beta = k \frac{l(\delta - 1) H_2 \lambda_D^2}{\lambda^2},$$

dans laquelle k est une constante et λ_D la longueur d'onde de la ligne jaune du sodium. De cette manière, les biréfringences sont rapportées à celles qu'on observerait pour la couleur jaune. Pour le fer Bravais vieux, $k = -$ 0,0000048. Ce n'est là, du reste, qu'une valeur approchée, à cause du point d'inversion.

Les mesures effectuées ont conduit M. Quirino Majorana à ranger parmi les liquides inactifs ceux pour lesquels on a, en valeur absolue, $k < 2.10^{-8}$.

Sur le poids atomique du radium, par **Mme Curie**, *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 161-163.

En concentrant par cristallisation fractionnée la plus grande partie du baryum radifère qui était à sa disposition, Mme Curie est arrivée à obtenir environ 1^dg de chlorure de radium parfaitement pur, ce qui lui a permis de faire une détermination du poids atomique du radium. Il résulte des expériences que ce poids atomique est 225 [1], avec une incertitude ne dépassant probablement pas une unité, le radium étant considéré comme un élément bivalent.

Préparation au four électrique du siliciure de cérium, par **Sterba**. *Comptes rendus*, t. CXXXX, p. 170-172.

En électrolysant le fluorure de cérium et de potassium, Ulik a obtenu accidentellement, en 1865, un corps répondant à la formule Ce^2Si. M. Sterba a obtenu un autre silicium de formule $CeSi^2$, bien défini et bien cristallisé en chauffant au four électrique (600 ampères 100 volts) un mélange intime de 172 gr d'oxyde de cérium pur et 85,2 gr de silicium finement pulvérisé.

Séance du 28 juillet 1902.

Sur le dichroïsme magnétique, par **M. Quirino Majorana**, *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 235-237.

Continuant l'exposé, commencé dans la note signalée plus haut, p. 369, de ses recherches, l'auteur fait remarquer que, les liquides employés pour l'étude de la biréfringence magnétique ayant un pouvoir absorbant très fort pour

[1] En adoptant Cl = 35,4 et Ag = 107,8.

la lumière, il était à prévoir que, sous l'action du champ magnétique, ce pouvoir devrait être modifié inégalement dans les différentes directions et selon l'azimut de polarisation.

Dans les expériences entreprises dans le but de vérifier cette prévision, la source lumineuse est toujours l'arc voltaïque. Avec un liquide actif (fer Bravais vieux), le spectre de la lumière qui réussit à le traverser s'étend du rouge au vert, le reste des radiations étant absorbé. Les bords de la région lumineuse sont assez nets, surtout celui du vert [1].

Ces expériences montrent que les liquides actifs se comportent, dans un champ magnétique, comme les cristaux uniaxes doués de dichroïsme. Les variations de l'absorption que l'on observe dans ces cristaux, suivant les différentes directions, correspondent parfaitement à celles observées par M. Quirino Majorana. Les expériences décrites permettent en outre d'affirmer que, tant dans la biréfringence positive que dans la négative, *dans la propagation normale*, *l'onde la plus lente est toujours celle qui est le plus absorbée*.

Lorsque le liquide présente une forte biréfringence négative, sous l'action d'un champ de 1800 unités, on peut faire des mesures assez précises des phénomènes d'absorption [1]. En représentant par 1 l'intensité lumineuse sans le champ, on a, en faisant intervenir l'action magnétique :

	Intensité.
Normalement au champ, sans nicol	1,62
Normalement au champ, avec nicol, section principale, parallèle au champ	2,74
Normalement au champ, avec nicol, section principale, normale au champ	0,54
Parallèlement au champ, sans nicol	0,56

De sorte que, *si le plan de polarisation des radiations est parallèle au champ*, *celles qui se propagent parallèlement aux lignes de force subissent une absorption égale à celle qui est subie par les vibrations qui se propagent normalement aux lignes de force*. Ce résultat, constaté pour des biréfringences négatives, semble à

[1] « 1. Si, comme dans les expériences de biréfringence, le rayon lumineux traverse le liquide normalement aux lignes de force, sans interposition de nicol, la partie lumineuse du spectre devient plus brillante et plus large quand on excite le champ. Cela arrive toujours, excepté au voisinage du point d'inversion. Le phénomène est très marqué pour le champ de 18 000 unités.

» 2. Observons la lumière émise par la cuvette à travers un nicol dont la section principale soit *parallèle* aux lignes de force. En excitant le champ jusqu'à 3 000 unités (biréfringence positive maximum), la lumière diminue un peu et l'étendue du spectre se restreint. Ce phénomène n'est pas bien marqué, car il correspond à la biréfringence $\beta = 0,6\,\lambda$. Pour des champs plus intenses que celui qui correspond au point d'inversion (biréfringence négative), et mieux pour le champ maximum (18 000 unités), la partie lumineuse du spectre s'éclaire et s'élargit dans une mesure considérable.

» 3. On observe comme au n° 2, mais en plaçant la section principale du nicol *normalement* aux lignes de force. Pour 3 000 unités, on observe augmentation d'intensité lumineuse et élargissement de la partie lumineuse du spectre. Pour 18 000 unités, on constate le contraire. Ici également le phénomène est peu visible dans le premier cas et très net dans le second.

» 4. Les expériences 1, 2, 3 font prévoir que, même parallèlement aux lignes de force, on devra observer des changements de valeur dans l'absorption. On remplace les expansions linéaires de l'électro-aimant par d'autres de forme conique et perforées. La petite cuvette est aussi remplacée par une autre de forme cubique de 1 cm d'arête. On pourra ainsi observer soit normalement, soit parallèlement au champ.

» L'épaisseur du liquide étant moindre, on lui donne une concentration sept fois plus grande. En étudiant ainsi l'absorption parallèlement au champ et sans nicol (inutile pour raisons de symétrie), les phénomènes sont plus simples. Dans le cas de biréfringence positive (3 000 unités), on a accroissement d'intensité lumineuse et élargissement du spectre visible ; on constate le contraire dans le cas de biréfringence négative (18 000 unités). Dans les deux cas, la lumière qui sort du liquide soumis à l'action du champ est de la *lumière ordinaire*.

» On conclut de l'expérience 3 que les bords du spectre de la lumière traversant un liquide avec biréfringence positive sous l'action d'un champ, et normalement à celui-ci, *sont nettement polarisés dans le plan des lignes de force*. Ce spectre, en effet, s'élargit, et l'élargissement observé avec un nicol persiste seulement si la section principale de celui-ci est normale au champ.

» Pour une biréfringence négative, l'expérience 2 montre que les bords sont, au contraire, polarisés dans le *plan normal aux lignes de force*. En comparant l'expérience 4 avec 2 et 3, on déduit enfin que : *pour des biréfringences positives, l'absorption observée parallèlement aux lignes de force est moindre que l'absorption subie par un rayon se propageant normalement aux lignes de force et dont le plan de polarisation soit normal à ces lignes. Pour des biréfringences négatives, elle est plus forte.* »

[1] On ajoute au dispositif de l'expérience 4 un photomètre Lummer qui sert à déterminer le rapport de la lumière qui traverse le liquide normalement ou parallèlement au champ, le spectroscope étant supprimé. La source de lumière employée comme terme de comparaison est constituée par une flamme constante voilée par un verre rouge, de façon à égaliser autant que possible les teintes des deux lumières. Le liquide acquiert une biréfringence $\beta = 12\lambda$ avec un champ de 1 800 unités.

l'auteur aussi très probablement exact pour des biréfringences positives.

Les mesures photométriques qui précèdent confirment le fait que les phénomènes présentés par les cristaux absorbants sont décrits de la manière la plus simple en leur donnant pour caractéristique le seul vecteur normal au plan de polarisation.

Sur l'équivalent électrochimique de l'argent, par **A. Leduc**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 237-240.

Dans une note récente (*Écl. Élect.*, t. XXXII, p. 148) l'auteur signalait quelques particularités de l'électrolyse de l'azotate d'argent importantes au point de vue de la détermination électrochimique de l'argent. Dans celle-ci il donne, après un appel des recherches antérieures, les résultats qu'il a obtenus en effectuant cette détermination. Voici le texte intégral de cette note :

« Depuis les recherches bien connues de M. Mascart, de M. Kohlrausch et de Lord Rayleigh sur l'équivalent électrochimique de l'argent, un certain nombre de savants en ont repris la détermination. Les résultats obtenus, notamment par MM. Potier et Pellat, d'une part, et par MM. Patterson et Guthe, d'autre part, sont en parfait accord. L'équivalent électrochimique de l'argent serait, d'après eux, 0,011192, au lieu de 0,01118, nombre devenu classique, qui est la moyenne des résultats de M. Kohlrausch et de Lord Rayleigh.

» MM. Richards, Collins et Heimrod ont comparé les masses d'argent recueillies simultanément dans trois voltamètres à azotate d'argent diversement montés : l'un conformément aux indications de Lord Rayleigh, le deuxième semblable à celui de MM. Patterson et Guthe, et le troisième d'un modèle nouveau, comportant un vase poreux, et ils ont obtenu dans ce dernier un dépôt un peu plus faible que dans le premier et notablement plus faible que dans le deuxième $\left(\frac{2}{1000}\right)$. Si l'on donnait la préférence à leur mode opératoire, il faudrait donc abaisser l'équivalent électrochimique de l'argent à 0,01117 environ.

» Enfin, d'après divers auteurs, la corrosion du dépôt cathodique par le bain non privé d'air amènerait un déficit que M. Myers évalue à $\frac{1}{1000}$ environ. L'équivalent devrait donc, au contraire, être majoré d'autant, de sorte qu'il pourrait bien dépasser 0,01120. Mais j'ai montré que cette prétendue corrosion n'existe pas.

» Quant aux divergences des résultats en général, elles sont dues, pour une bonne part, à ce que les masses d'argent pesées par les divers auteurs ne dépassaient pas 2 gr. Certes, il est facile de peser une pareille masse à $\frac{1}{10000}$ près ; mais il est aussi très facile de laisser échapper, dans les délicates opérations du lavage du dépôt, des parcelles d'argent formant plusieurs dixièmes de milligrammes. C'est, évidemment, ce qui est arrivé à M. Kahle lorsqu'il a cru remarquer que ledit lavage à l'eau distillée chaude faisait perdre au dépôt plusieurs dix-millièmes. Je n'ai jamais rien observé de semblable en opérant sur 30 gr de matière.

» J'ai reconnu, d'ailleurs, que la masse d'argent déposée par un coulomb dépend d'un certain nombre de circonstances. Je me contenterai de résumer ci-dessous [1] les résultats d'expériences qui seront décrites dans l'un des prochains numéros du *Journal de physique*.

« Je compléterai ces renseignements généraux par quelques indications numériques relatives aux cas où l'on n'a point réalisé les conditions spécifiées au n° 1 pour obtenir le dépôt normal. Il se produit alors à la cathode un déficit plus

---

[1] « 1. Soit un bain d'azotate d'argent primitivement neutre, de concentration normale et à la température ordinaire. Nous avons vu que, si la densité anodique du courant est inférieure à 0,002 C. G. S., il ne se forme point d'acide azotique en quantité appréciable à l'anode. Dans ces conditions, le dépôt d'argent à la cathode est *normal* ; il ne dépend pas de la densité cathodique, et il ne change pas si l'on sature le bain d'oxyde d'argent.

» 2. Si la densité anodique est plus forte, la concentration moindre ou la température plus élevée, il se forme à l'anode de l'acide azotique dont la destruction à la cathode entraîne un déficit d'argent. Il est facile de voir qu'à chaque milligramme d'AzO^3H détruit correspond un déficit de 1,37 mg d'argent.

» 3. Si le bain est primitivement acide, il est clair que le déficit s'exagère pour la même raison.

» 4. La basification du bain au moyen d'oxyde d'argent (Patterson et Guthe) a pour effet d'empêcher la formation d'acide libre et, par suite, le déficit d'argent. Cette précaution semble devoir être efficace avec des courants de densité moyenne, tant qu'il reste de l'oxyde en dissolution ; mais celui-ci, étant peu soluble, s'épuisera avant la fin de l'expérience si l'on recueille, comme je le conseille, une masse importante d'argent. Je crois plus sûr de s'en tenir aux très faibles densités.

ou moins important qui peut dépasser un millième, peut-être même 2 millièmes [1].

» *Conclusion.* — En résumé, la masse d'argent déposée à la cathode par un coulomb dépend, en général, de plusieurs circonstances. Mais il semble que l'on puisse atteindre la précision de $\frac{1}{10000}$ dans la détermination de l'équivalent électrochimique de ce métal en opérant sur un bain parfaitement neutre ou même basique au début, et en évitant la formation d'acide à l'anode comme je l'ai indiqué. »

Séance du 4 août 1902.

Réflexion de la lumière sur un miroir de fer aimanté perpendiculairement au plan d'incidence, par **P. Camman**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 286-288.

Une théorie complète de la réflexion de la lumière sur les miroirs métalliques aimantés a été donnée par M. C.-H. Wind dans les *Archives néerlandaises* (2e série, t. I, 1897). Dans le cas particulier où l'aimantation est perpendiculaire au plan d'incidence, la conclusion est la suivante : Si la lumière incidente est polarisée dans le plan d'incidence, l'aimantation n'a aucune influence sur la réflexion. Elle fait, au contraire, varier à la fois la phase et l'amplitude de la lumière réfléchie, si le rayon incident est polarisé perpendiculairement au plan d'incidence. Ce sont ces résultats théoriques que l'auteur a vérifiés expérimentalement, en mesurant la variation de la différence de phase entre les deux composantes principales et celle de l'azimut rétabli [1].

[1] « 1° *Influence de la température, entre 0° et 40°.* — En bain neutre normal, avec anodes de 18 cm^2, cathodes de 100 cm^2, et un courant de 0,9 ampère, le dépôt d'argent diminue de 3 à 4 millionièmes par degré. Avec des anodes de 4,5 cm^2, les autres conditions restant les mêmes, la diminution atteint 8 à 9 millionièmes.

» L'effet de la température est à peu près le même avec un bain acidulé à 2 gr par litre.

» D'après Lord Rayleigh, le dépôt augmenterait, au contraire, avec la température.

» 2° *Influence des densités de courant.* — Avec une densité anodique 0,005, si la densité cathodique passe de 0,0003 à 0,001, le dépôt ne diminue pas d'une manière bien appréciable. Avec la densité anodique 0,02, l'écart dépasse $\frac{1}{10\,000}$ en bain normal neutre, et $\frac{3}{10\,000}$ en bain acidulé à 2 gr par litre.

» 3° *Influence de l'acidité et de la basicité.* — Expériences avec cathodes de 100 cm^2 et anodes de 4,5 cm^2 :

» 1° Les deux bains sont normaux en azotate ; l'un est centinormal en acide. Avec un courant de 1 ampère, le déficit relatif sur la cathode dans ce dernier est de $\frac{23}{10\,000}$ (0,007 sur 30 gr).

» 2° Les deux bains sont demi-normaux en argent, et l'un 0,014 normal en acide ; le déficit atteint la même valeur pour 0,4 ampère.

» *Remarque.* — Nous avons ici la clef d'un désaccord entre M. Kahle et MM. Patterson et Guthe. Le premier trouve que le dépôt fourni par un bain frais est plus faible que celui fourni par un bain usagé dans les mêmes conditions ; MM. Patterson et Guthe trouvent exactement le contraire. Tandis que ces derniers partaient d'une solution basifiée qui, par l'usage, devenait légèrement acide, M. Kahle partait sans doute d'une solution acide dont l'acidité diminuait, ainsi que je l'ai exposé.

» 4° *Influence de la concentration.* — Les deux bains sont neutres : l'un est normal, l'autre 0,2 normal. Avec une densité anodique de 0,02, le dépôt fourni par ce dernier est inférieur de plus de $\frac{2}{10\,000}$. »

[1] « La source lumineuse est une lampe à arc. La lumière, rendue suffisamment monochromatique pour les mesures par son passage à travers une cuve de fuchsine, est concentrée par un condenseur en un trou de 2 mm de diamètre percé dans un écran métallique mince ; ce trou est placé au foyer d'une lentille de 30 cm de distance focale. Le faisceau qui en est issu traverse un polariseur. Le plan de polarisation faisait des angles de 45° et de 60° avec le plan d'incidence dans les deux séries d'observations effectuées. La lumière se réfléchit sur deux miroirs de fer plans et parallèles, de 2 cm de longueur sur 1 cm de hauteur, taillés dans deux cadres de fer doux de Suède formant les armatures de deux petits électroaimants. Les faibles dimensions de ces cadres (9 cm de longueur, 5 cm de hauteur, 2 cm de largeur et 1 cm d'épaisseur) permettent de les placer sur une plateforme spéciale adaptée à cet effet sur un cercle de Jamin. On peut ainsi mesurer l'angle d'incidence, régler les miroirs et les rendre parallèles en faisant coïncider dans la lunette les images du rayon direct et du rayon réfléchi deux fois.

» L'étude de la lumière réfléchie, polarisée elliptiquement, se fait au moyen d'une lame de mica quart d'onde et d'un analyseur ; en réalité, les deux lames de mica successivement employées n'étaient pas exactement quart d'onde, mais les retards de l'une des vibrations principales étaient respectivement de 0,265 et 0,268 λ_D de la raie moyenne D du sodium. L'appareil analyseur est l'analyseur à pénombre Macé de Lépinay. Grâce à la précision et à la sensibilité de cet instrument, les erreurs commises ne dépassent pas les erreurs de lecture quand on opère par la méthode de l'égalisation de teinte des deux plages ; quand on cherche à établir l'extinction en supprimant le quartz à deux rotations qui produit les deux plages, et en manœuvrant à la fois l'analyseur et la lame, l'erreur est de 1' en moyenne. On en déduit que la différence de phase et l'azimut rétabli sont déterminés à 6' près environ pour la réflexion sur un seul miroir.

» Les données des expériences sont les suivantes :

Incidence principale moyenne des deux miroirs.	71°5'
Azimut principal moyen	26°58'
Aimantation maxima en unités C. G. S.	1350

Les résultats des expériences sont réunis dans le tableau suivant :

	VARIATIONS	
	de la différence de phase.	de l'azimut rétabli.
49°,58'	12'	»
50	12,5	»
60,2	20	»
65	26	— 6
68	33	— 10
70	41	— 12
70,30	45	— 11
75	34	— 11
77,40	25	— 6

Les chiffres précédents se rapportent à la réflexion sur un seul miroir, les variations étant observées en renversant l'aimantation de + 1 350 à — 1 350 unités C. G. S. La phase étalon est celle de la vibration perpendiculaire au plan d'incidence; la différence de phase est son avance sur la vibration dans le plan d'incidence.

Au-dessous de 50° et au-dessus de 77°, les observations sur la différence de phase donnent des résultats peu certains, à cause de la petitesse des quantités à mesurer. Quant à l'azimut rétabli, sa faible valeur ne permet de l'observer avec quelque certitude que dans des limites restreintes au voisinage de son minimum.

Le tableau qui suit donne les mêmes variations calculées d'après la théorie de M. Wind. Des deux constantes qui entrent dans les formules, l'une, la phase de Sissingh, a été prise à 85° suivant la valeur donnée par cet expérimentateur : l'autre a été tirée de l'expression donnée de la variation de la différence de phase à 70°.

	VARIATIONS	
Incidences	de la différence de phase.	de l'azimut rétabli.
50°	12',5	
60	23	
65	31	— 13,5
68	34	— 13
70	41	— 12,5
72	45	— 11,5
75	40	— 8

Le rapprochement de ces deux tableaux montre que les différences entre les deux séries de nombres sont de l'ordre des erreurs d'expérience. On peut donc dire que les expériences précédentes confirment d'une manière satisfaisante la théorie de M. Wind.

Moyen de régler les résonateurs de haute fréquence en vue de leur emploi médical, par **H. Guilleminot**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 288-290.

Les résonateurs de haute fréquence employés en médecine se composent d'un circuit inducteur, ou générateur du champ : c'est le circuit de décharge des condensateurs; et d'un circuit induit à l'extrémité duquel se produisent les effluves, étincelles, souffles. Le circuit inducteur, composé des surfaces condensatrices et du conducteur, présente une certaine capacité C et un certain coefficient de self L desquels dépend la période des oscillations du courant de décharge, et par conséquent leur longueur d'onde, d'après la formule $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

L'induit a un rendement d'autant meilleur qu'il est mieux accordé pour le champ considéré, et le réglage d'un résonateur consiste à faire varier la self-induction ou la capacité du générateur par rapport à celles de l'induit [1].

Après avoir reconnu que la variation de la capacité ne donnait pas pratiquement de bons résultats, M. Guilleminot s'est servi d'une bobine de self-induction variable constituée tout simplement par un fil de cuivre de grosse section formant une hélice d'une quinzaine de spires. Cette bobine de réglage est placée en circuit et non en dérivation. Un curseur permet de mettre plus ou moins de spires dans ce circuit, de manière à en augmenter plus ou moins la self-induction. Les essais faits avec ce dispositif et divers résonateurs ont montré qu'il convenait parfaitement pour le réglage.

---

[1] Dans le résonateur Oudin en forme d'hélice, l'inducteur et l'induit sont placés à la suite l'un de l'autre, et le réglage consiste à prendre plus ou moins de spires comme inductrices, diminuant ou augmentant d'autant le nombre des spires induites. Dans le résonateur d'Arsonval en forme de bobine, l'inducteur est invariable comme capacité et comme self, mais on peut le promener le long de l'induit auquel il est extérieur, de telle sorte que l'on modifie la longueur des deux portions droite et gauche de l'induit (par rapport au plan moyen de l'inducteur), faisant varier du même coup ses caractéristiques et, avant tout, sa self-induction.

Dans le type en spirale plate Guilleminot, l'inducteur est constitué par la spire externe de l'appareil, et l'induit est formé par toute la partie intérieure de la spirale. Le réglage des spirales peut se faire comme celui du résonateur Oudin. Ce réglage, ici, n'est pas commode, à cause des connexions à établir entre les deux spirales à travers l'espace utile à l'emploi, et c'est cette considération qui a conduit l'auteur à chercher un autre moyen.

Séance du 11 août 1902.

Sur le mode de formation des rayons cathodiques et des rayons de Rœntgen, par **Th. Tommasina.** *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 319.

L'étude de la production unipolaire des rayons X a conduit M. J. Semenow [1] à conclure que *l'anticathode n'émet de rayons que si elle porte une charge électrique et que, reliée au sol, elle n'engendre presque pas de rayons.* Etant donnée l'importance théorique de ce fait, M. Th. Tommasina a voulu essayer si, par quelques modifications expérimentales, il serait possible de l'établir nettement.

A l'aide de deux dispositifs décrits ci-dessous [2] il a constaté que la transformation du flux électrique anodique en rayons cathodiques peut avoir lieu par des réflexions multiples contre les parois intérieures du tube, et l'ensemble de ces observations le conduit aux conclusions suivantes :

1. La réflexion diffuse du flux anodique seul est suffisante pour donner naissance aux rayons cathodiques et aux rayons de Rœntgen.

2. Le phénomène a lieu même avec l'anticathode reliée au sol.

3. La réflexion multiple par les parois d'un tube à vide, au degré voulu de raréfaction, suffit pour produire la transformation partielle du flux anodique en rayons cathodiques et en rayons de Rœntgen.

« Ces conclusions, ajoute-il, sont en parfait accord avec la déduction qu'on peut tirer du fait connu de l'existence de la tache d'oxydation dans la partie centrale du miroir concave de la cathode des tubes focus en usage. En effet, la position de cette tache démontre d'une manière irréfutable que l'agent qui produit les rayons cathodiques ne peut pas être émis par la cathode, et qu'il doit lui arriver d'une source qui se trouve dans le tube même, donc de l'anode. Ainsi cet agent doit être dans le flux anodique. Que la réflexion joue un grand rôle, sinon le

---

(1) *Écl. Élect.*, t. XXVIII, p. 224, 10 août.

(2) « Le tube focus bianodique dont je me suis servi est très puissant : il donne, avec le dispositif ordinaire, la vision nette du squelette à plusieurs mètres de distance si l'on se place dans le champ de dispersion du miroir plan anticathodique, mais on l'entrevoit encore faiblement de tous les points de la salle, même derrière l'anticathode. C'est un tube du type sphérique à trois appendices, deux opposés axialement contenant l'un le miroir plan anodique et l'autre le miroir concave cathodique ; le troisième, qui est à côté de l'anode, est muni d'une longue tige qui a permis de placer le miroir plan anti-cathodique au centre du tube sur la ligne axiale des deux électrodes, en regard de la cathode avec une inclinaison de 45°. Par ce dispositif, la fluorescence du tube est nettement délimitée par le plan du miroir anticathodique qui le divise en deux parties égales, l'une faiblement éclairée et l'autre très fortement.

» Dans le but d'éviter tout effet de self-induction et pour arrêter, comme d'habitude, l'extracourant de fermeture, j'ai mis en communication le pôle positif de la bobine d'induction avec de l'eau distillée. A 1,5 cm au-dessus de l'eau, était placée l'extrémité d'un fil métallique relié à la cathode du tube focus. Le pôle négatif de la bobine étant isolé, l'anode et l'anticathode du tube étaient reliées entre elles et avec le sol par les conduites du gaz et de l'eau. Le fil partant du pôle positif de la bobine était rapproché du pôle négatif de façon à permettre une décharge entre eux lorsque la résistance du tube était trop grande, constituant en outre un court circuit par effluve à aigrettes, lequel annulait l'action entre le secondaire de la bobine et le sol.

» A peine l'intensité du courant était-elle suffisante pour produire des décharges disruptives entre l'eau et le fil suspendu, que le tube commençait à manifester une légère fluorescence, distribuée un peu partout à sa surface, mais irrégulièrement. En augmentant le courant on arrivait à l'intensité voulue pour que l'action du miroir anticathodique pût devenir prépondérante ; alors la moitié opposée du tube acquérait une plus grande luminosité et l'on pouvait observer la modification produite sur le faisceau cathodique par l'action du déplacement d'un champ magnétique. Les rayons X étaient suffisamment intenses pour permettre de distinguer nettement des objets métalliques dans une enveloppe en cuir épais, placée derrière l'écran fluorescent.

» Ce résultat démontrant à l'évidence l'obtention des deux types de rayons avec l'anticathode reliée au sol et par flux anodique, il était naturel d'éliminer les deux électrodes qui ne semblaient pas nécessaires à la production du phénomène.

» N'ayant pas à ma disposition un bon tube unipolaire j'ai pu obtenir un résultat également démonstratif au moyen d'un tube bipolaire commun, de forme conique. Dans ce genre de tubes, comme l'on sait, la cathode est placée au sommet du cône, tandis que l'anode très petite et sans miroir est dans un appendice latéral du tube, de façon qu'elle ne gêne aucunement le passage des radiations cathodiques qui vont produire la tache de fluorescence sur la base du cône. J'ai pensé que l'anode isolée, à cause de sa surface métallique très petite, ne pouvait donner lieu qu'à une action minime, laquelle ne saurait empêcher la constatation du phénomène. En effet, avec le même dispositif que précédemment, la cathode étant reliée au pôle positif de la bobine par l'intermédiaire de la décharge sur l'eau distillée, l'anode du tube et le pôle négatif de la bobine étant isolés, la fluorescence se produisit sur tout le tube, allant en progressant d'intensité vers la base du cône sur laquelle se formait la tache de maximum de luminosité. J'ai pu alors constater comme précédemment les effets produits par les rayons cathodiques et les rayons X ».

rôle capital, dans la transformation du flux électrique en radiations, c'est ce qui était déjà démontré par le fait que les rayons cathodiques et les rayons X sont beaucoup plus intenses lorsqu'ils sont formés dans un tube focus muni d'anticathode que lorsqu'ils émanent directement de la cathode d'un tube simple.

» D'après les conclusions précédentes on peut envisager le mode de formation de ces rayons de la manière suivante : Le flux électrique qui part de l'anode pour se propager dans l'air raréfié du tube suit les lignes de force, formant lui-même ses propres conducteurs, qui consistent en alignements polarisés de matière radiante, comme cela a lieu dans la production du fantôme électrique par les poudres conductrices dans les liquides diélectriques, où l'on observe des projections ou jets de particules.

» Ce flux étant oscillant donne lieu à une destruction périodique des contacts, laquelle produit des vibrations qui deviennent visibles sous forme de luminescence. Dans le champ, ces alignements vont embrasser de tous les côtés le miroir cathodique, mais leur faisceau plus dense frappe la face concave en regard, laquelle se réchauffe davantage où les points d'arrivée sont plus nombreux. Cet échauffement augmente la raréfaction à proximité de la surface cathodique et donne lieu à l'espace obscur de Hittorf, ce qui explique l'accroissement de cet espace de nature interférentielle lorsque l'action est plus intense.

» Ce serait dans ces conditions et par suite de la modification mécanique de l'absorption partielle et de la réflexion diffuse, que la transformation semblerait avoir lieu. Ceci admis on peut appliquer à cette catégorie de phénomènes les lois sur la propagation du flux de déplacement ou de polarisation dans un milieu diélectrique; ainsi les équations de Maxwell. Comme les déplacements infiniment petits d'un corps parfaitement élastique suivent les mêmes lois, on passe par l'intermédiaire du flux de déplacement uniforme aux vibrations, et l'on peut établir une liaison mécanique entre le flux électrique et les radiations. »

Phénomènes magnétiques observés à Zi Ka-Wei (Chine) lors de l'éruption de la Martinique par **de Moidrey**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 322.

L'éruption principale de la montagne Pelée s'est produite le 8 mai, quelques minutes avant 8 heures. Ce jour là à 7 heures 58 minutes (t. m. de la Martinique), après une longue période de calme magnétique, le bifilaire de Zi-Ka-Wei [1] indique un accroissement brusque de la composante horizontale, qui reste agitée pendant 8 heures environ; en outre la courbe inscrite par le baromètre paraît indiquer un trouble sismique environ 4 heures après [2].

On a donc ici des faits de deux ordres distincts : une pertubation magnétique dont le début coïncide, comme à Paris et à Lyon, avec l'explosion de la montagne Pelée, et un ébranlement du sol qui aurait mis 4 heures 27 minutes à se propager jusqu'ici, à moins qu'il ne corresponde à un des chocs postérieurs.

Séance du 25 août 1902

La relation entre les ptroubérances solaires et le magnétisme terrestre, par **Norman Lockyer**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 364-365.

L'auteur a fait la comparaison de la fréquence des protubérances visibles dans chaque latitude solaire avec la fréquenoe de la plus grande intensité des orages magnétiques et la courbe générale de l'activité magnétique.

Le résultat de cette comparaison indique : 1° que les époques des orages classées *great* par Ellis et celles de la plus grande activité chromosphérique *près des pôles* du soleil sont identiques; 2° que la courbe générale d'activité magnétique terrestre est à peu près la même que celle des protubérances observées *près de l'équateur* solaire.

(1) « De 12,25 h à 12,35 h la courbe de la composante horizontale a, sans doute possible, les caractères d'une agitation mécanique. Il était ici minuit ; à cette heure en pleine campagne, aucune cause accidentelle ne peut influencer nos aimants. D'ailleurs, pendant le même temps, la courbe du grand baromètre enregistreur, habituellement très fine, a son épaisseur augmentée d'environ quatre fois ; il ne peut être question d'une onde atmosphérique, mais la colonne de mercure a agi en véritable séismographe ; à ce phénomène succède immédiatement un second accroissement assez brusque de la composante horizontale. Une troisième recrudescence, observée de 15,5 h à 15,15, est suivie d'un calme à peu près complet pendant plus 7 heures. On remarque alors une faible agitation, puis une nouvelle perturbation qui dure jusqu'au 9 vers 20 h ».

(1) L'observatoire de Zi-Ka-Wei est situé, à 10' près, sur le méridien opposé à celui de la Martinique.

Le Gérant : C. NAUD

Tome XXXII. Samedi 13 septembre 1902 9e Année. — N° 37.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LES RÉCENTES EXPÉRIENCES DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

DANS LA MARINE ITALIENNE

Les premiers appareils de télégraphie sans fil réalisés par M. Marconi ont été adoptés par la marine italienne qui, après le succès qui suivit les expériences de la Spezia (juillet 1897), en dota ses principaux vaisseaux et ses postes sémaphoriques.

Entre autres postes pourvus des dispositifs Marconi, l'île Gorgona, le sémaphore de Livourne et l'île Palmaria étaient encore au mois de septembre 1900 pourvus d'appareils Marconi ne réalisant sans doute pas les derniers perfectionnements dont cet inventeur est arrivé à munir ses dispositifs. Les communications échangées entre ces trois postes ne pouvaient pas, en effet, être assurées à une distance supérieure à 60 km, et c'est à peine si quelques signaux pouvaient être enregistrés entre Livourne et Palmaria, postes situés à 70 km l'un de l'autre. Quant aux relations par télégraphie sans fil entre Palmaria et Gorgonia bien que la distance entre ces postes n'excède pas 72 km elles furent toujours impossible, et c'est tout au plus si, une fois par hasard, le poste de l'île Gorgonia reçût et pût enregistrer le mot « Europa » qui était transmis à l'île Palmaria.

C'est dans ces conditions défectueuses que fonctionnaient ces stations de télégraphie sans fil lorsque le capitaine de corvette italien Quintino Bonomo entreprit une étude systématique des dispositifs utilisés et chercha à accroître la portée des communications qui jusqu'alors n'avaient pu être assurées d'une manière constante et régulière, avec les dispositifs de ces postes, à une distance supérieure à 35 ou 40 km, distance qui sépare l'île Gorgona de Livourne.

M. Bonomo fut assez heureux pour accroître, considérablement, au cours de son étude,

la portée des ondes et la rapidité des communications. Ce double résultat a été obtenu par la mise en œuvre de moyens des plus simples dont les plus efficaces constituent une grande simplification des dispositifs préconisés par M. Marconi.

Nous allons résumer dans cette revue les observations principales et inédites faites par M. Bonomo au cours de ses essais et indiquer quels dispositifs lui ont permis de réaliser les perfectionnements qu'il a pu apporter aux appareils Marconi dont il s'est servi.

Le transmetteur du poste de Livourne était entretenu à l'aide d'une bobine d'induction de 60 cm d'étincelle, alimentée par le courant fourni par une batterie de trente accumulateurs Tudor donnant environ 60 volts. — L'étincelle de l'excitateur des ondes hertziennes avait une longueur de 2 à 3 cm.

La plus grande rapidité atteinte avec ce transmetteur fonctionnant entre Livourne et Gorgona (35 km) était de cinq à six lettres par minute.

Les efforts de M. Bonomo pour accroître la portée des ondes et la rapidité des transmissions ont porté sur deux points particuliers. — L'officier italien s'est d'abord préoccupé de perfectionner les conditions d'établissement des divers organes du dispositif Marconi qu'il utilisait ; il a pu ainsi, en étudiant systématiquement la fonction de chaque organe, obtenir une plus grande rapidité de transmission et parvenir à échanger des signaux à la vitesse de vingt-quatre lettres par minute. — Mais le résultat le plus important obtenu, qui a permis d'accroître dans de très notables proportions non seulement la rapidité mais aussi la portée des transmissions, a été acquis grâce à l'usage d'un cohéreur spécial, dû au sémaphoriste M. Castelli. Ce cohéreur, associé à un téléphone a permis l'échange de messages à 200 km et les expérimentateurs sont convaincus qu'il pourra les assurer encore à plus de 300 km.

Indiquons tout d'abord parmi les nombreuses observations faites par M. Bonomo, dont la plupart confirment les observations précédemment faites par M. Tissot, par MM. Blondel et Ferrié, et par nombre d'autres expérimentateurs, celles qui ont permis d'apporter un premier perfectionnement aux dispositifs étudiés.

En premier lieu, M. Bonomo attache une très grande importance au parfait isolement non seulement du fil aérien servant d'antenne, mais encore à l'isolement rigoureux de la bobine d'induction et de la source d'électricité (accumulateurs) qui l'alimente.

Pour isoler le plus parfaitement possible le fil d'antenne, ce fil est soutenu par la vergue qui permet de le disposer verticalement, au moyen de cloches de porcelaine du genre de celles employées dans les installations de distribution à haute tension et dont les figures 1, 2, 3, 4, représentent des modèles.

La station de Palmaria est située à 192 m au-dessus du niveau de la mer et possède une antenne de 54 m de hauteur. La station Gorgona est disposée sur un tertre à 255 m au-dessus du niveau de la mer, et l'antenne a également 54 m.

La station de Livourne n'est qu'à 4,50 m au-dessus du niveau de la mer. L'antenne qui y est disposée a comme aux deux autres stations 54 m de hauteur.

L'entrée des antennes dans le poste doit être entourée de toutes les précautions les plus méticuleuses d'isolement.

Une disposition est indiquée par la figure 5. L'antenne FA, verticale, pénètre dans le poste dans une direction horizontale. A cet effet elle est attachée à un poteau de retenue p, surmonté d'une cloche de porcelaine à haute tension I qui retient un cordon isolant attaché lui-même à un isolateur i qui soutient le fil d'antenne. — On doit éviter le plus possible de disposer le fil d'antenne horizontalement, et donner à la partie horizontale io la plus petite longueur possible. M. Bonomo indique divers dispositifs qui permettent de réduire le plus

possible (à une longueur inférieure à 2 m) la longueur de la portion d'antenne disposée horizontalement. — Les essais faits pour faire aboutir le fil d'antenne verticalement à la

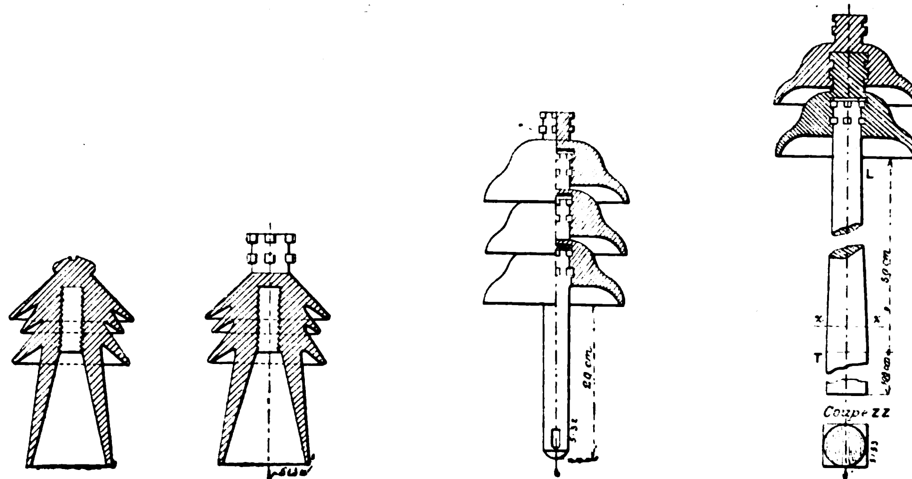


Fig. 1 à 4. — Isolateurs d'antenne employés par M. Bonomo.

boule de l'oscillateur n'ont pas permis d'obtenir un isolement suffisant et surtout constant.

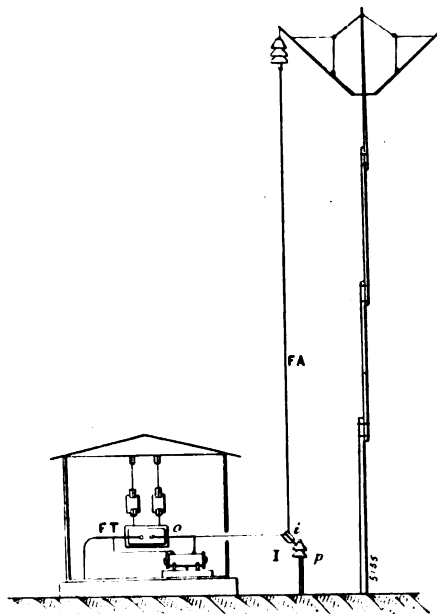


Fig. 5. — Entrée de l'antenne dans le poste.

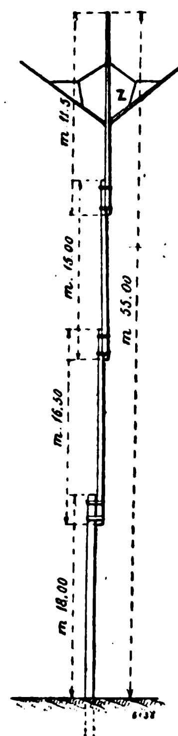


Fig. 6. — Mât disposé pour recevoir simultanément l'antenne de reception et l'antenne de transmission.

Il est très avantageux de se servir d'antennes différentes pour la réception et pour la transmission ; aussi les mâts de stations ci-dessus décrites sont-ils munis de deux vergues

soutenant l'une l'antenne de transmission ET, l'autre l'antenne de réception FR. Les figures 6 et 7 indiquent les dispositions données à ces vergues et aux antennes qu'elles supportent.

Pour accroître la capacité de l'antenne on peut la construire sous la forme d'un long cylindre de 30 m de hauteur formé par un certain nombre de fils de cuivre de 0,3 mm² distribués sur le pourtour d'une circonférence de 25 cm de diamètre environ comme le montre la figure 8.

En apportant ces divers perfectionnements aux dispositifs qu'il utilisait, et surtout en

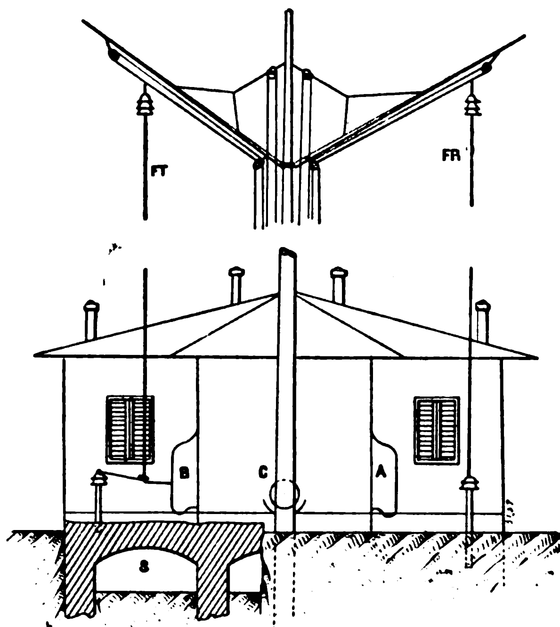


Fig. 7. — Dispositif à deux antennes, l'une de réception, l'autre de transmission.

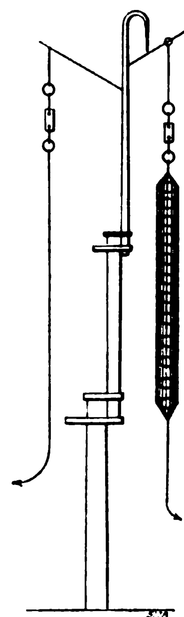


Fig. 8. — Antenne à plusieurs conducteurs.

s'astreignant à maintenir un isolement parfait pour tous les organes du dispositif, accumulateurs et bobine d'induction compris, M. Bonomo a pu augmenter d'une manière notable la vitesse de transmission jusqu'alors atteinte ; mais c'est surtout en faisant usage du cohéreur imaginé par M. Castelli que la portée des ondes a pu être accrue d'une manière très notable.

Ce cohéreur est constitué par des électrodes de fer ou de carbone entre lesquelles on interpose une ou plusieurs gouttes de mercure. — Un tel cohéreur présente une extrême sensibilité et se décohère spontanément. C'est un cohéreur à décohésion spontanée.

La figure 9 représente un de ces cohéreurs à électrodes de fer et à une goutte de mercure. La figure 10 représente un cohéreur à électrodes terminales de carbone, à électrode médiane de fer et à deux gouttes de mercure.

Le diamètre de la goutte ou des gouttes de mercure interposées doit être compris entre les limites extrêmes de 1,5 mm à 3 mm. Une goutte de diamètre inférieur à 1,5 mm donne un tube peu sensible ; une goutte de diamètre supérieur à 3 mm influe sur la netteté de la décohésion.

La distance entre les électrodes a une très grande importance et il est nécessaire qu'elle puisse être réglée par le télégraphiste au cours d'une réception. Pour un tube dont la

goutte de mercure offre un diamètre compris dans les limites indiquées ci-dessus, les conditions du réglage de début s'obtiennent de la manière suivante : Le tube doit être incliné d'environ 35° à 40° sur l'horizon, l'électrode la plus élevée ne se déplacant pas de plus de 0,2 à 0,5 mm. — Le réglage définitif se fait pendant la réception.

Le diamètre du tube doit être proportionné à la goutte de mercure utilisée. Un tube de



Fig. 9 et 10. — Cohéreur de M. Castelli à une goutte et à deux gouttes de mercure.

5 à 8 mm de diamètre extérieur et de 3 mm environ de diamètre intérieur convient parfaitement. Ce tube de verre doit être parfaitement calibré et les surfaces planes des électrodes doivent être normales à l'axe du tube.

L'absence de ces conditions change complètement la qualité d'un cohéreur.

Les électrodes de fer ou d'acier doivent être débarrassées de tout oxyde et bien polies. La brunissure augmente beaucoup la sensibilité.

La décohésion spontanée est d'autant plus nette que le mercure est plus pur, que la goutte de mercure est plus petite et que l'intérieur du tube est plus sec et mieux poli. — L'état hygrométrique a une influence sensible et nuisible sur les tubes qui ne sont pas hermétiquement clos.

Pour un tube bien établi et bien réglé la tension critique de cohésion est comprise entre 1 volt et 1,5 volt.

Au bout d'un certain temps, assez court, un bon tube perd sa qualité, par suite de l'oxydation des électrodes et du mercure ; (cet affaiblissement est surtout rapide pour des tubes

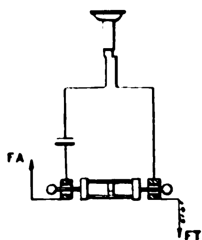


Fig. 11. — Dispositif de réception à un téléphone.

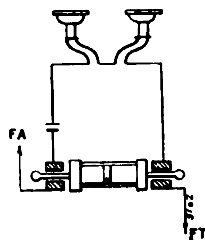


Fig. 12. — Dispositif de reception à deux téléphones.

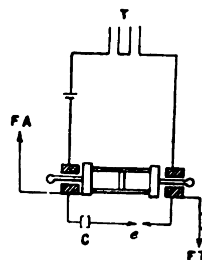


Fig. 13. — Dispositif pour affaiblir les effets perturbateurs des décharges atmosphériques.

à électrodes de fer). — Si l'on ne possède pas plusieurs tubes préparés d'avance, il faut alors démonter le tube, polir soigneusement les électrodes et renouveler la goutte de mercure.

Dans certains cas on a obtenu une décohésion très nette en mélangeant à la goutte de mercure de la poudre de charbon provenant d'un filament de lampe à incandescence. Cette poudre forme une sorte de pellicule qui donne à la goutte de mercure la couleur du graphite. — Cette addition de poudre de carbone accroît notablement la durée d'un cohéreur.

L'emploi de ce cohéreur permet l'échange de communications à de très grandes distances pourvu qu'on l'associe à un téléphone. — Le dispositif de réception se trouve alors très notablement simplifié. Suivant qu'on fait usage d'un récepteur téléphonique unique ou de deux récepteurs, ce dispositif est représenté par la figure 11 ou par la figure 12. — L'usage

de ces dispositifs est des plus commodes et le réglage final, que l'on peut avoir à faire en cours de réception, des plus simples.

Les sons perçus sont d'autant plus nets et plus distincts qu'ils sont plus faibles ; on ne doit pas chercher à obtenir au téléphone des sons d'une intensité comparable à celle fournie par l'audition téléphonique ordinaire. — Aussi est-il nécessaire d'habituer l'oreille à cette réception télégraphique par téléphone ; il est par suite indispensable que le plus parfait silence règne dans le poste récepteur afin de n'être pas troublé par les bruits venant de l'extérieur.

Pour affaiblir notablement les effets perturbateurs des décharges atmosphériqnes, qui s'entendent parfaitement au téléphone, il est bon de disposer en dérivation aux bornes du cohéreur un condensateur C suivi d'une petite distance explosive *e* (fig. 13).

Comme il est nécessaire que l'on soit averti par le fonctionnement d'un appel (sonnerie ou frappeur) du commencement de l'envoi d'un message, M. Bonomo a cherché à faire

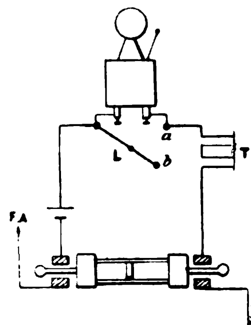


Fig. 14. — Dispositif d'appel.

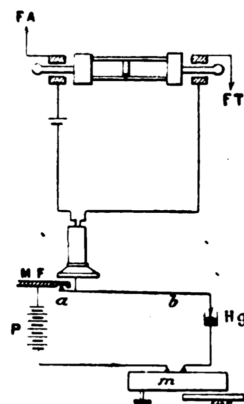


Fig. 15. — Projet de relais téléphonique permettant l'inscription des signaux reçus.

actionner à l'aide du cohéreur employé une sonnerie électrique. — On peut résoudre la question soit en construisant un relais qui, une fois actionné par le courant ayant traversé le cohéreur actionne à la manière habituelle une sonnerie à trembleur, soit encore en construisant une sonnerie qui soit susceptible de fonctionner avec le très faible courant que peut admettre le cohéreur. — C'est ce dernier moyen, représenté par le schéma de la figure 14 qui a été définitivement adopté par M. Bonomo. La sonnerie est mise hors circuit en amenant le commutateur L de *b* en *a*.

Enfin M. Bonomo s'est proposé de réaliser, en conservant la réception télégraphique par téléphone, l'inscription des messages. — N'ayant pu continuer des essais à la station de Palmaria, il se contente à la fin de son intéressant mémoire de décrire le relais téléphonique qu'il se proposait de construire et que la figure 15 représente. — La lame vibrante du téléphone communique ses déplacements à un levier *a b* dont la branche *a* a 5 mm de longueur et la branche *b*, 250 mm de longueur. L'extrémité *a* armée d'une pastille de fer peut être attirée par un aimant permanent M F. Les déplacements se trouvent ainsi très notablement amplifiés. L'extrémité de *b* plonge dans un godet de mercure et on peut ainsi produire l'envoi de courants plus ou moins prolongés d'une pile P dans un morse inscripteur *m*.

En employant les dispositifs que nous venons de décrire et qui empruntent leur valeur au cohéreur à goutte de mercure de M. Castelli, M. Bonomo a pu assurer des communications faciles à une distance de 200 km.

C'est ainsi que non seulement les messages ont pu être échangés d'une manière constante et facile entre les trois stations de l'Ile Palmaria, Ile Gorgona et Livourne ; (Livourne-Palmaria : 70 km, — Livourne-Gorgona : 35 km, — Palmaria-Gorgona : 72 km), mais les communications ont pu être assurées entre l'Ile d'Elbe et ces trois stations ; (Elbe-Livourne 80 km, — Elbe-Gorgona : 80 km, — Elbe-Palmaria : 140 km). — Enfin on a pu également communiquer d'une manière suivie entre Palmaria et l'île Giglio (distance : 200 km) ainsi qu'entre l'île de la Madeleine (Sardaigne) et la station du mont Argentario (distance : 205 km).

Si l'on compare ces résultats avec ceux obtenus par l'usage des postes Marconi tels que M. Bonomo les a trouvés disposés aux stations entre lesquelles il a expérimenté, on ne peut qu'être frappé du grand progrès réalisé par l'officier italien par la mise en œuvre du nouveau cohéreur de M. Castelli, qui a permis d'accroître la distance de 70 km à plus de 200 km et la rapidité de transmission de 6 lettres par minute à 24 lettres par minute. La distance franchie a donc été quadruplée, ainsi que la rapidité de transmission, par l'usage des nouveaux dispositifs.

A. Turpain.

CONGRÈS DE MONTAUBAN

DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES (1)

Nous terminons dans cet article le compte rendu du Congrès de Montauban ; nous y donnons l'analyse de quelques communications concernant l'électricité et la photométrie présentées à la section de physique ; pour les communications présentées à la section d'électricité médicale, nous renvoyons les lecteurs désireux de les connaître aux *Archives d'Electricité médicale*, que dirige avec tant de compétence le Dr Bergonié, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux.

Actions exercées par des courants alternatifs sur une masse conductrice ou diélectrique, par **P. Duhem**, correspondant de l'Institut, professeur de Physique théorique à la Faculté des sciences de Bordeaux.

I. — Dans ce mémoire, l'auteur étudie mathématiquement les causes du phénomène suivant constaté il y a une quinzaine d'années par Elihu Thomson : une bobine traversée par des courants alternatifs repousse une masse de cuivre que l'on approche de l'un de ses pôles.

Cette curieuse expérience peut s'expliquer très simplement, comme on sait, par les lois élémentaires de l'induction. Le courant alternatif parcourant la bobine donne naissance dans la masse de cuivre, généralement en forme d'anneau, à un courant induit déphasé par rapport au courant inducteur ; par suite de ce déphasage le courant est, à certains instants, en sens inverse du courant inducteur, et, à d'autres instants, de même sens que ce dernier courant ; dans le premier cas il y a répulsion et dans le second attraction des courants inducteur et induit ; par un calcul simple, devenu classique, ou encore par une représentation graphique on démontre facilement que la répulsion l'emporte sur l'attraction.

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* des 23 et 30 août et du 6 septembre, p. 255, 301 et 351.

Mais en raison de l'idée généralement adoptée aujourd'hui que les actions à distances résultent en réalité de déformations du milieu intermédiaire, divers auteurs, en particulier Larmor [1], ont cherché une explication de l'expérience d'Elihu Thomson par des pressions exercées par le diélectrique sur la surface de la masse métallique qui y est plongée. Les pressions engendrées dans le milieu diélectrique peuvent d'ailleurs être de deux espèces différentes, car chaque élément de ce milieu subit deux sortes d'actions : par le fait de la polarisation qu'il présente, il est soumis à des actions de déplacement; par le fait des flux de déplacement dont il est le siège, il est soumis à des actions électrodynamiques.

M. Duhem établit les formules permettant, dans l'un et l'autre cas, le calcul des pres sions. Ainsi que nous le verrons ci-dessous, il trouve que le *sens* de ces pressions est bien tel qu'il faudrait pour que l'expérience d'Elihu Thomson en reçut une explication satisfaisante ; mais il trouve aussi que la *grandeur* de ces actions est beaucoup trop faible pour que cette explication puisse être adoptée : pour que ces actions soient perceptibles, il faudrait que la fréquence des courants qui traversent la bobine fût comparable à la fréquence des vibrations lumineuses. « L'expérience d'Elihu Thomson, qui réussit fort bien avec de très faibles fréquences, ne peut, conclut M. Duhem, trouver là sa raison d'être. »

Au contraire, l'explication tirée des forces électrodynamiques par lesquelles les courants de la bobine repousssent les courants d'induction propres de la masse métallique satisfait à toutes les conditions du problème.

II. — Indiquons maintenant la marche des calculs qui ont conduit M. Duhem à ces conclusions, et, pour cela, examinons successivement les divers points que ce physicien développe dans son mémoire.

1. *Champ électromoteur engendré par des courants alternatifs.* — Soient ω un espace occupé par un corps conducteur, $d\omega$ un élément de cet espace. Admettons que le corps conducteur soit le siège de courants uniformes variables d'un instant à l'autre et soient φ, ψ, χ les composantes du flux électrique en un point (x, y, z) de ce conducteur; ces courants étant uniformes, on aura, en tout point de la masse conductrice

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial y} + \frac{\partial \chi}{\partial z} = 0, \tag{1}$$

de plus on aura

$$\varphi \cos(\nu, x) + \psi \cos(\nu, y) + \chi \cos(\nu, z) = 0, \tag{2}$$

ν étant la normale à cette surface vers l'intérieur de la main conductrice.

Ces courants seront *alternatifs* si chacune des trois composantes φ, ψ, χ du champ est périodique, la période de T étant la même pour toutes trois, et si, en outre, on peut disposer de l'origine du temps de telle sorte que chacune d'elles change de signe sans changer de valeur absolue lorsqu'on change t en $-t$; dès lors on peut développer φ, ψ, χ en séries :

$$\left.\begin{aligned} \varphi &= A_1 \sin 2\pi \frac{t}{T} + A_2 \sin 4\pi \frac{t}{T} + A_3 \sin 6\pi \frac{t}{T} + \dots, \\ \psi &= B_1 \sin 2\pi \frac{t}{T} + B_2 \sin 4\pi \frac{t}{T} + B_3 \sin 6\pi \frac{t}{T} + \dots, \\ \chi &= C_1 \sin 2\pi \frac{t}{T} + C_2 \sin 4\pi \frac{t}{T} + C_3 \sin 6\pi \frac{t}{T} + \dots, \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

les coefficients A_i, B_i, C_i étant des fonctions des coordonnées x, y, z. On supposera ces séries uniformément convergentes ainsi que celles qu'on en déduit par différentiation par rapport à x, y, z ou t.

[1] Aether and Matter, p. 129.

Les égalités (2) et (3) donnent alors

$$\frac{\partial A_i}{\partial x} + \frac{\partial B_i}{\partial y} + \frac{\partial C_i}{\partial z} = 0, \tag{4}$$

$$A_i \cos(\nu, x) + B_i \cos(\nu, y) + C_i \cos(\nu, z) = 0. \tag{5}$$

Soient e_x, e_y, e_z les composantes du champ électromoteur d'induction engendré en tout point de l'espace pour les courants variables de la masse conductrice, on a

$$e_x = -\frac{A^2}{2}\frac{\partial F}{\partial t}, \qquad e_y = -\frac{A^2}{2}\frac{\partial G}{\partial t}, \qquad e_z = -\frac{A^2}{2}\frac{\partial H}{\partial t}, \tag{6}$$

$\frac{A^2}{2}$ étant la constante fondamentale des actions électrodynamiques et F, G, H trois certaines fonctions de x, y, z, t, qui, lorsque les courants agissants sont uniformes, ont pour expressions,

$$F(x, y, z, t) = \int_\omega \frac{\varphi}{r}\, d\omega, \qquad G(x, y, z, t) = \int_\omega \frac{\psi}{r}\, d\omega, \qquad H(x, y, z, t) = \int_\omega \frac{\chi}{r}\, d\omega, \tag{7}$$

r étant la distance de l'élément $d\omega$ au point x, y, z

En remplaçant dans ces expressions φ, ψ, χ par les séries (3), on obtient en posant

$$\alpha_i(x, y, z) = \int_\omega \frac{A_i}{r}\, d\omega, \qquad \beta_i(x, y, z) = \int_\omega \frac{B_i}{r}\, d\omega, \qquad \gamma_i(x, y, z) = \int_\omega \frac{C_i}{r}\, d\omega, \tag{8}$$

trois nouvelles expressions dont la première est :

$$F = \alpha_1 \sin 2\pi\frac{t}{T} + \alpha_2 \sin 4\pi\frac{t}{T} + \alpha_3 \sin 6\pi\frac{t}{T} + \ldots, \tag{9}$$

et les égalités (6) donnent trois égalités du type suivant

$$e_x = -\frac{A^2}{2}\left(\frac{2\pi}{T}\alpha_1 \cos 2\pi\frac{t}{T} + \frac{4\pi}{T}\alpha_2 \cos 4\pi\frac{t}{T} + \frac{6\pi}{T}\alpha_3 \cos 6\pi\frac{t}{T} + \ldots\right). \tag{10}$$

Les fonctions α_i, β_i, γ_i étant définies par les égalités (8) comme des fonctions potentielles de distributions solides dont A_i, B_i, C_i sont les densités respectives, il en résulte pour ces fonctions certaines propriétés classiques. M. Duhem démontre que de plus on a

$$\frac{\partial \alpha_i}{dx} + \frac{\partial \beta_i}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_i}{\partial z} = 0 \tag{11}$$

aussi bien à l'intérieur de la masse ω qu'à l'extérieur de cette masse.

2. *Courants engendrés par le champ électromoteur.* — Supposons que le champ électromoteur représenté par les égalités (10) agisse en une certaine région ϖ de l'espace, dont $d\varpi$ est un élément. Si cette région est occupée par une masse conductrice de résistivité ρ, les composantes u, v, w du flux de conduction auront pour valeurs

$$u = \frac{e_x}{\rho} = -\frac{A^2}{2\rho}\left(\frac{2\pi}{T}\alpha_1 \cos 2\pi\frac{t}{T} + 4\frac{\pi}{T}\alpha_2 \cos 4\pi\frac{t}{T} + \ldots\right), \text{etc.} \tag{12}$$

3. Si la région est occupée par un diélectrique, on aura un flux de déplacement dont les composantes $\overline{u}$, $\overline{v}$, $\overline{w}$ auront pour valeurs, F étant le coefficient de polarisation diélectrique,

$$\overline{u} = F\frac{\partial e_x}{\partial t} = F\left(\frac{4\pi^2}{T^2}\alpha_1 \sin 2\pi\frac{t}{T} + \frac{16\pi^2}{T^2}\alpha_2 \sin 4\pi\frac{t}{T} + \ldots\right), \text{etc.} \tag{12 bis}$$

4. *Forces pondéromotrices exercées sur une masse conductrice.* — Si on imprime à la masse ϖ un déplacement virtuel, le travail des forces pondéromotrices électrodynamiques exercées sur cette masse sera

$$d\mathfrak{T} = \frac{A^2}{2}\int\left[u\left(\frac{\partial F}{\partial x}\delta x + \frac{\partial F}{\partial y}\delta y + \frac{\partial F}{\partial z}\delta z\right) + v\left(\frac{\partial G}{\partial x}\delta x + \ldots\right) + w\left(\frac{\partial H}{\partial x}\delta x + \ldots\right)\right]d\varpi$$
$$+ \frac{A^2}{2}\int\left[u\left(F\frac{\partial \delta x}{\partial x} + G\frac{\partial \delta y}{\partial x} + H\frac{\partial \delta z}{\partial x}\right) + v\left(F\frac{\partial \delta x}{\partial y} + \ldots\right) + w\left(F\frac{\partial \delta x}{\partial z} + \ldots\right)\right]d\varpi. \quad (13)$$

Lorsque les courants agissants sont sinusoïdaux, les seconds membres des égalités (9) et (12) se réduisent à leurs premiers termes ; si l'on suppose en outre que la masse conductrice soit homogène, de telle sorte que ρ soit indépendant de x, y, z. l'égalité (13) devient

$$d\mathfrak{T} = -\frac{A^4}{4\rho}\frac{2\pi}{T}\sin 2\pi\frac{t}{T}\cos 2\pi\frac{t}{T}\int\left[\alpha_1\left(\frac{\partial \alpha_1}{\partial x}\delta x + \frac{\partial \alpha_1}{\partial y}\delta y + \frac{\partial \alpha_1}{\partial z}\delta z\right) + \beta_1\left(\frac{\partial \beta_1}{\partial x}\delta x + \ldots\right) + \gamma_1\left(\frac{\partial \gamma_1}{\partial x}\delta x + \ldots\right)\right.$$
$$\left. + \alpha_1^2\frac{\partial \delta x}{\partial x} + \beta_1^2\frac{\partial \delta y}{\partial y} + \gamma_1^2\frac{\partial \delta z}{\partial z} + \beta_1\gamma_1\left(\frac{\partial \delta z}{\partial y} + \frac{\partial \delta y}{\partial z}\right) + \gamma_1\alpha_1\left(\frac{\partial \delta x}{\partial z} + \frac{\partial \delta z}{\partial x}\right) + \alpha_1\beta_1\left(\frac{\partial \delta y}{\partial x} + \frac{\partial \delta x}{\partial y}\right)\right]d\varpi. \quad (14)$$

Enfin dans le cas particulier où la masse conductrice est supposée *solide*, on a simplement

$$d\mathfrak{T} = -\frac{A^4}{16\rho}\frac{2\pi}{T}\sin 4\pi\frac{t}{T}\,\delta\int(\alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2)d\varpi. \quad (15)$$

Ce travail virtuel se ramène naturellement au travail virtuel d'une force et au travail virtuel d'un couple ; le point d'application de la force est indépendante de t ; il en est de même de la direction de la force et de la direction de l'axe du couple ; mais la grandeur de la force et le moment du couple varient périodiquement avec t ; la période de chacune de ces deux grandeurs est $\frac{T}{2}$ et, dans le temps $\frac{T}{2}$, sa valeur moyenne est nulle.

M. Duhem fait observer que ces conclusions demeurent vraies si les courants agissants ne sont pas sinusoïdaux.

5. *Forces pondéromotrices appliquées à une masse diélectrique solide.* — Le travail virtuel de ces forces est encore donné par la formule (13) à condition que l'on y remplace les composantes u, v, w du flux de conduction par les composantes $\overline{u}$, $\overline{v}$, $\overline{w}$ du flux de déplacement.

Dans le cas où les courants sont sinusoïdaux et la masse diélectrique solide, on arrive à

$$d\mathfrak{T} = \frac{A^4}{8}\,F\,\frac{4\pi^2}{T^2}\sin^2 2\pi\frac{t}{T}\,\delta\int(\alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2)d\varpi. \quad (19)$$

La grandeur de la force et le moment du couple sont donc encore des fonctions périodiques du temps dont la période est $\frac{T}{2}$, mais le *sens de la force et le sens de rotation du couple demeurent indépendants de* t et par suite la valeur moyenne de la force et celle du moment du couple ne sont plus, en général, égales à o. Si l'on désigne par $d\tau$ le travail virtuel de la force moyenne et du couple moyen, on a en effet, en supprimant les indices pour simplifier l'écriture

$$d\tau = \frac{2}{T}\int_t^{t+\frac{T}{2}} d\mathfrak{T}\,dt = \frac{A^4}{16}\,F\,\frac{4\pi^2}{T}\,\delta\int(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)d\varpi. \quad (20)$$

On voit que les forces pondéromotrices tendent à accroître la somme $\int (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)\, d\varpi$ étendue à l'espace occupé par la masse diélectrique. Or au voisinage de la bobine agissante la quantité $(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)$ a une valeur notable ; à grande distance, elle est très faible ; donc *les actions en question tendent à attirer la masse diélectrique vers la bobine.* M. Duhem démontre ensuite que cette conclusion subsiste quand les courants, au lieu d'être sinusoïdaux, sont quelconques.

6. *Forces pondéromotrices exercées sur un milieu diélectrique déformable,* — Par des calculs dans le détail desquels nous n'entrerons pas, M. Duhem démontre que dans le cas général le travail virtuel $d\tau$ est

$$d\tau = \frac{A^4}{8} F \Sigma \left(\frac{2i\pi}{T}\right)^2 m_i \tag{23}$$

où

$$m_i = -\int [\alpha_i \cos(n,x) + \beta_i \cos(n,y) + \gamma_i \cos(n,z)](\alpha_i \delta x + \beta_i \delta y + \gamma_i \delta z) dS$$
$$+ \int \Big\{ \left[\frac{1}{2} \frac{\partial(\alpha_i^2 + \beta_i^2 + \gamma_i^2)}{\partial x} - \left(\alpha_i \frac{\partial \alpha_i}{\partial x} + \beta_i \frac{\partial \alpha_i}{\partial y} + \gamma_i \frac{\partial \alpha_i}{\partial z} \right) \right] \delta x$$
$$+ \left[\frac{1}{2} \frac{\partial(\alpha_i^2 + \ldots)}{\partial y} - \left(\alpha_i \frac{\partial \beta_i}{\partial x} + \ldots \right) \right] \delta y + \left[\frac{1}{2} \frac{\partial(\alpha_i^2 + \beta_i^2 + \gamma_i^2)}{\partial z} - \left(\alpha_i \frac{\partial \gamma_i}{\partial x} + \ldots \right) \right] \delta z \Big\} d\varpi \tag{27}$$

n désignant la normale, dirigée vers l'intérieur du milieu, à un élément dS de la surface limitant le milieu. Dès lors on voit que les actions moyennes exercées sur le milieu diélectrique peuvent se décomposer de la manière suivante :

1° Une force moyenne, appliquée à l'élément dS de la surface et dont les composantes $P_x dS$, $P_y dS$, $P_z dS$, sont données par trois égalités dont la première est :

$$P_x = -\frac{A^4}{8} F \sum \left(\frac{2i\pi}{T}\right)^2 \left[\alpha_i \cos(n,x) + \beta_i \cos(n,x) + \gamma_i \cos(n,z) \right] \alpha_i \tag{28}$$

2° Une force moyenne appliquée à l'élément $d\varpi$ du volume qu'il occupe et dont la première des composantes $X d\varpi$, $Y d\varpi$, $Z d\varpi$, est

$$X = \frac{A^4}{8} F \sum \left(\frac{2i\pi}{T}\right)^2 \left[\frac{1}{2} \frac{\partial(\alpha_i^2 + \beta_i^2 + \gamma_i^2)}{\partial x} - \left(\alpha_i + \beta_i \frac{\partial \alpha_i}{\partial x} + \beta_i \frac{\partial \alpha_i}{\partial y} + \gamma_i \frac{\partial \alpha_i}{\partial z} \right) \right]. \tag{29}$$

Si le milieu est un fluide incompressible — et, en général, on est tenu de faire cette supposition si l'on veut que F soit indépendant de x, y, z — et si les actions non électrodynamiques dérivent d'une fonction potentielle, les actions électrodynamiques précédentes ne pourront maintenir le fluide en équilibre. Le fluide se mettra donc en mouvement. Par conséquent si une masse, conductrice ou diélectrique, solide, est plongée dans un tel fluide — et, effectivement, elle sera toujours plongée dans l'air ou dans l'éther — il faudra adjoindre aux actions électrodynamiques réellement exercées sur cette masse solide les pressions du fluide qui l'environne.

7. *Ordre de grandeur des forces étudiées dans les deux derniers paragraphes.* — Ces pressions sont, il est vrai, d'une petitesse inimaginable, comme on peut s'en rendre compte sur un exemple.

Considérons une masse conductrice soumise à l'action d'un courant sinusoïdal. Les actions qu'elle subit à l'instant t se tirent de l'expression (15) du travail virtuel. Chacune de ces actions est, nous l'avons vu, périodique, et sa période est $\frac{T}{2}$; pour connaître la valeur absolue des limites égales et de signes contraires entre lesquelles elle oscille, il suffit de

considérer la valeur de l'action correspondante déterminée au moyen du travail virtuel

$$d\Theta = \frac{A^4}{16p}\,\frac{2\pi}{T}\,\delta\int(\alpha^2+\beta^2+\gamma^2)d\varpi, \qquad (30)$$

où pour simplifier l'écriture, les indices de α, β, γ sont supprimés.

Considérons maintenant une masse diélectrique de même forme, de même grandeur, de même position que la masse conductrice, soumise au même champ sinusoïdal ; elle est soumise à certaines actions dont les valeurs moyennes se tirent de l'expression (20). Par conséquent le rapport de la valeur moyenne A_d de l'action exercée sur la masse diélectrique à la valeur maximum A_c de l'action correspondante exercée sur la masse conductrice, est

$$\frac{A_d}{A_c} = \frac{2\pi p F}{T}$$

Si l'on suppose que la masse conductrice est en cuivre, on a $\rho = 1,5 \times 10^3$ environ dans le système électromagnétique.

Admettons que le diélectrique soit du caoutchouc, dont le pouvoir diélectrique D est environ 2,34. En désignant par ε la constante fondamentale de l'électrostatique et par F_0 le coefficient de polarisation du vide (pratiquement de l'air) on a

$$D = \frac{1+4\pi\varepsilon F}{1+4\pi\varepsilon F_0}.$$

Mais pour que cette formule soit compatible avec la théorie électromagnétique de la lumière, il faut admettre que εF_0 et, partant, εF très grands par rapport à $1/4\pi$; de sorte que $D = \frac{F}{F_0}$ et, par suite $F = 2,34 F_0$.

D'autre part, dans le système électromagnétique, la constante v de Maxwel vérifie l'égalité $v^2 = \frac{\varepsilon}{1+4\pi\varepsilon F_0}$ qui, puisque εF_0 est très grand par rapport à $1/4\pi$, se réduit sensiblement à $v^2 = \frac{1}{4\pi F_0}$. Comme on a $v = 3 \times 10^{-10}$, on en conclut $F_0 = \frac{1}{36\pi}\,10^{-20}$.

Par conséquent

$$\frac{A_d}{A_c} = \frac{2\times 1,5\times 2,34}{36}\,\frac{10^{-17}}{T} = \frac{2\times 10^{-18}}{T}. \qquad (35)$$

Pour que les deux actions A_d et A_c fussent sensiblement égales, il faudrait donc que la période T des courants soit de l'ordre de 10^{-18}. Or la période des fibrations de la raie D du sodium est $1,87 \times 10^{-14}$. Il faudrait donc avoir des vibrations électriques plus rapides encore que ces vibrations lumineuses. On en conclut que dans les champs dont la fréquence ne dépasse pas celle qu'ont employée Hertz ou Testol, les actions électrodynamiques exercées sur une masse diélectrique sont excessivement faibles.

8. *Sur l'expérience d'Elihu Thomson.* — Puisque celle-ci peut être reproduite avec des courants alternatifs de faible fréquence, il suit immédiatement du résultat précédent quelle ne peut s'expliquer par des actions électrodynamiques appliquées au diélectrique.

9. Cette expérience ne peut pas non plus s'expliquer par les actions électrostatiques exercées sur le diélectrique, actions que semble considérer M. Larmor. Voici comment M. Duhem le démontre.

Soient $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$ les trois composantes de la polarisation du diélectrique ; on a

$$d\mathcal{E} = \delta\left[\int(\mathcal{A}e_x+\mathcal{B}e_y+\mathcal{C}e_z)\,d\varpi - \int\frac{\mathcal{A}^2+\mathcal{B}^2+\mathcal{C}^2}{2F}\right]d\varpi,$$

Mais comme

$$\mathcal{A} = Fe_x, \qquad \mathcal{B} = Fe_y, \qquad \mathcal{C} = Fe_z, \tag{37}$$

on obtient

$$d\mathcal{C} = \frac{1}{2}\,\delta \int F(e_x^2 + e_y^2 + e_z^2)\,d\varpi. \tag{38}$$

Si l'on suppose une masse diélectrique 1, dont F_1 est le coefficient de polarisation, soit plongée dans un milieu diélectrique 0 dont F_0 est le coefficient de polarisation, on a, dans l'hypothèse où F_0 et F_1 ont la même valeur en tout point du diélectrique auquel ils se rapportent,

$$d\mathcal{C} = \frac{F_1 - F_0}{2}\,\delta \int_1 (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2)\,d\varpi \tag{41}$$

où l'intégrale est étendue au milieu 1.

Quand la masse 1 est une masse diélectrique plongée dans l'éther (ou pratiquement dans l'air), $F_1 - F_0$ est positif ; d'autre part $e_x^2 + e_y^2 + e_z^2$, qui a une valeur finie et positive au voisinage de la bobine, a une valeur sensiblement nulle à grande distance de celle-ci ; donc *la masse diélectrique* placée à grande distance de la bobine est attirée vers celle-ci.

Si l'on suppose la masse 1 conductrice il suffit de faire $F_1 = 0$ dans l'égalité (41) ce qui donne

$$d\mathcal{C} = -\frac{F_0}{2}\,\delta \int (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2)\,d\varpi.$$

Le second membre étant négatif, les actions électrostatiques que la bobine exerce sur le milieu diélectrique tendent à éloigner de la bobine une masse métallique plongée dans ce milieu.

Le sens de l'action est donc bien celui qu'indique l'expérience de Elihu Thomson, Mais M. Duhem montre que, comme précédemment, cette action n'est sensible que si la fréquence des courants est énorme. En effet, en supposant les courants sinusoïdaux et en remplaçant e_x, e_y, e_z par leurs valeurs (10), l'égalité (42) prend la forme

$$d\mathcal{C} = -\frac{A^4}{8} F_0 \frac{4\pi^2}{T^2} \cos^2 2\pi \frac{t}{T}\;\delta \int_1 (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)\,d\varpi, \tag{43}$$

et la valeur moyenne de ce travail virtuel est donnée par

$$d\tau = -\frac{A^4}{16} F_0 \frac{4\pi^2}{T^2}\;\delta \int_1 (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)\,d\varpi, \tag{44}$$

expression analogue à l'expression (20). Par suite, des considérations analogues à celles développées au paragraphe 7 conduisent à cette conclusion que les actions ne peuvent être appréciables que si les vibrations sont au moins aussi rapides que celles de la lumière.

10. *Explication de l'expérience d'Elihu Thomson par l'induction propre de la masse métallique.* — Les courants variables induits par la bobine dans la masse métallique produisent à leur tour un champ électromoteur d'induction propre de composante ε_x, ε_y, ε_z. Par suite le flux électrique en chaque point n'est pas seulement u, v, w, mais

$$u + u_1 = \frac{e_x + \varepsilon_x}{\rho}, \qquad v + v_1 = \frac{e_y + \varepsilon_y}{\rho}, \qquad w + w_1 = \frac{e_z + \varepsilon_z}{\rho}.$$

Admettant que les quantités ε_x, ε_y, ε_z, peuvent se former suivant les règles qui au para-

graphe 1er ont servi à former e_x, e_y, e_z, M. Duhem considère des fonctions U, V, W analogues aux fonctions F, G, H et il arrive à une expression générale du travail virtuel $d\mathfrak{C}$. La discussion de cette expression montre que les actions exercées sur la masse métallique ont pour effet de repousser celle-ci loin de la bobine ; son application à un cas particulier indique en outre que l'ordre de grandeur des actions moyennes exercées sur la masse métallique en vertu de l'induction propre est la même que pour les actions moyennes exercées sur la même masse en vertu de l'induction de la bobine.

L'indication de la marche des calculs qui conduisent à ces résultats nous entraînerait trop loin ; nous renvoyons au mémoire original pour ce paragraphe.

11. *Examen d'une objection.* — Ces calculs ne sont d'ailleurs légitimes dans le cas générale que si l'on suppose la constante K de Helmholtz égale à l'unité. Mais ils redeviennent rigoureux, quelle que soit la valeur de cette constante, dans le cas particulier où la bobine inductrice et la masse métallique sont de révolution autour du même axe. Or ce sont précisément là les conditions remplies dans l'expérience d'Elihu Thomson. Les résultats de cette expérience sont donc explicables, sans restriction, par la théorie développée par M. Duhem dans le paragraphe précédent.

Lois de transparence de la matière pour les rayons X, par **L. Benoist.**

Dans cette communication M. Benoist a rassemblé les résultats de ses nombreux travaux sur la transparence des corps pour les rayons X.

Il rappelle qu'il a tout d'abord établi que l'absorption de ces rayons par les corps qu'ils traversent ne dépend pas uniquement de la densité de ceux-ci, mais aussi de leur nature chimique en même temps que de l'espèce de rayons X considérés [1]. En continuant ses essais sur un très grand nombre de corps simples et de composés par les méthodes électrométrique, radioscopique et radiographique, il est parvenu à déceler les lois générales de la transparence de la matière pour les rayons X [2].

Pour établir ces lois, chaque corps a été caractérisé par son *équivalent de transparence* vis-à-vis d'un corps étalon convenablement choisi, c'est-à-dire par la masse qui, répartie sur une surface de 1 cm^2, produit la même absorption que le corps étalon. On trouve que l'équivalent de transparence ainsi défini d'un corps a, pour un même étalon et une même espèce de rayons X, une valeur constante, indépendante des changements d'état physique, des groupements moléculaires ou atomiques, mais uniquement fonction du poids atomique de ce corps ou des corps simples qui le composent. En portant les poids atomiques en abcisses et les équivalents de transparence en ordonnées, on obtient ce que M. Benoist a appelé la courbe d'isotransparence des corps simples pour la qualité de rayons X considérés. En modifiant cette qualité, en changeant l'épaisseur étalon, en interposant des écrans, etc., on obtient un faisceau de courbes qui représentent les lois générales de la transparence de la matière.

La principale de ces lois peut être énoncée ainsi : l'opacité spécifique pour les rayons X est une propriété additive et essentiellement atomique. Cette opacité dans le cas des corps simples, est une fonction déterminée et généralement croissante de leur poids atomique. Dans le cas des corps composés c'est une fonction adductive des opacités spécifiques et des proportions respectives des corps simples constituants. Une formule simple permet de calculer l'équivalent de transparence de n'importe quel corps, composé ou mélange.

---

(1) *Écl. Élect.*, t. VI, p. 415, 29 février 1896 ; t. X, p. 218, 30 janvier 1897.

(2) *Écl. Élect.*, t. XXV, p. 417 et 424, 16 mars 1901

Une conséquence immédiate des courbes d'isotransparence est la détermination des lois du *radiochroïsme*, c'est-à-dire des différences de qualité des rayons X, et de l'absorption sélective exercée sur eux par la matière. Le radiochroïsme est aussi fonction du poids atomique avec minimum remarquable de la région de l'argent.

Les courbes d'isotransparence et les conséquences qui en découlent ont reçu plusieurs applications ; voici, d'après l'auteur, les principales :

1° La définition précise de la classification des diverses sortes de rayons X ; un appareil, appelé *radiochromètre* a été construit par M. Pellin pour réaliser pratiquement cette définition [1] ;

2. La caractérisation précise des tubes radiogènes et de leurs différents états.

3. Le perfectionnement de ces tubes en vue de produire spécialement telle ou telle qualité de rayons.

4. La détermination des poids atomiques par une méthode plus générale et précise que celle de Dulong et Petit; application faite à l'indium [2].

5. L'analyse méthodique des composés et mélanges avec une précision qui peut souvent dépasser le millième.

6. Diverses applications à la radiologie médicale.

Les lois nouvelles du rayonnement et leur application à la mesure des hautes températures, par **Ch. Féry**, chef des travaux pratiques à l'École de physique et de Chimie de Paris.

I. — L'auteur commence par rappeler les lois régissant la puissance rayonnée par un corps noir à une température absolue T vers un autre corps noir à la température absolue t.

L'une de ces lois, énoncée en 1880 par Stefan et démontrée ensuite théoriquement par Boltzmann, Wien, Lummer, etc., est relative à la puissance totale rayonnée ; elle s'exprime par la relation

$$P = a(T^4 - t^4),$$

dans laquelle t^4 devient rapidement négligeable devant T^4 dès que la température du corps émissif est un peu élevée.

L'autre loi est relative à la puissance rayonnée par une des radiations élémentaires émises par un corps noir, et, contrairement à ce qu'on pourrait croire, elle est plus compliquée que la précédente. D'ailleurs elle n'est pas connue d'une manière rigoureuse, et deux relations, .

$$P = a\lambda^{-5} e^{-\frac{b}{\lambda T}}, \qquad P = \frac{a\lambda^{-5}}{e^{\frac{b}{\lambda T}} - 1},$$

ont été proposées, la première par M. Wien, la seconde par M. Planck pour l'exprimer ; ces deux formules ne donnent cependant des valeurs différentes que pour de grandes valeurs du produit λT.

II. — M. Féry s'est proposé d'appliquer ces formules à l'évaluation des températures élevées pour lesquelles aucune méthode directe n'est applicable.

Il est bien évident que si l'on applique la formule de Stefan relative à la radiation totale, il faut se garder d'interposer sur le trajet du faisceau émis des substances exerçant une

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 227, 8 février 1902.

(2) *Idem.*, t. XXVII, p. 117, 20 avril 1901.

absorption sélective, et cependant au point de vue expérimental il est extrêmement commode d'employer un système convergent qui augmente la sensibilité de l'appareil récepteur tout en le soustrayant aux causes perturbatrices provenant du rayonnement parasite des corps voisins. Pour satisfaire à la fois à ces deux conditions on pourrait employer une lentille convergente en sel gemme ; malheureusement l'altération rapide de cette substance à l'air humide en proscrit l'emploi dans un appareil devant sortir du domaine des laboratoires de recherches. Après quelques essais, M. Féry a arrêté son choix sur la fluorine, dont l'absorption à partir de 900° devient très sensiblement proportionnelle à l'intensité du faisceau à mesurer.

Comme appareil thermométrique M. Féry a choisi le couple thermo-électrique fer-constantan. Les deux fils de ce couple forment le réticule d'une lunette à objectif de fluorine ; le point de croisement des fils constitue la soudure chaude du couple. Des précautions spéciales (1) sont prises pour rendre les indications indépendantes de la surface de la source rayonnante et de sa distance.

La force électromotrice du couple fer-constantan est bien représentée par

$$e = 0{,}000\,038\, t + 0{,}000\,000\,103\, t^2 ;$$

comme l'élévation de température de la soudure chaude n'excède guère 20° on peut négliger le terme en t^2. Cette force électromotrice est mesurée par un galvanomètre à bobine mobile dont la résistance est de 12 ohms et qui donne, sur une échelle placée à 1 m de distance, une déviation de 1 mm pour un courant de 8×10^{-9} ampère. La résistance du couple thermo-électrique est de 1 ohm environ.

III. — Cet appareil a d'abord été utilisé pour vérifier la loi de Stefan entre 800 et 1 500° en employant comme source rayonnante un petit four électrique à fil de platine enroulé sur un tube de corindon artificiel aggloméré par un silicate alcalin très étendu ; la température était mesurée par un couple Le Chatelier. Voici les résultats obtenus, T_{obs} désignant la température donnée par ce dernier couple. T_{calc} celle déduite de la loi de Stéfan.

T_{obs}	844	914	990	1054	1120	1192	1260	1328	1385	1458
T_{calc}	360	925	990	1060	1120	1190	1250	1320	1380	1450
Diff.	+ 16	+ 11	0	+ 6	0	— 2	— 10	— 8	— 5	— 8

M. Féry a ensuite vérifié la loi de Wien relative à une radiation élémentaire. Il a pour cela adopté une méthode très voisine de celle indiquée par M. Le Chatelier pour son pyromètre optique ; cette méthode et les résultats qu'elle a fournis ayant été récemment indiqués dans une communication à l'Académie reproduite dans cette revue (2), nous n'insisterons pas.

IV. — M. Féry a également appliqué les deux dispositifs pyrométriques précédents à la détermination de la température de l'arc électrique. La loi de Stefan lui a donné 3 490°. L'application de la loi de Wien lui a fourni 3 867° en opérant en lumière rouge et 3 897° en opérant en lumière verte. Ces nombres diffèrent assez notablement de la valeur trouvée par M. Le Chatelier (4 100°) avec son pyromètre optique ; M. Féry en conclut que le charbon ne se comporte plus, à la température de l'arc électrique ; comme un corps parfaitement noir, pour lequel seulement les formules précédentes sont applicables.

Coutribution à l'étude de la photométrie photographique, par **C. Camichel.**

Les méthodes photométriques fondées sur l'observation directe de l'égalité d'éclairement

(1) Voir *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 28 avril 1902.

(2) *L'Éclairage Électrique*, t. XXXI, note 4 de la page 411, 14 juin 1902.

de deux plages lumineuses ou sur la disparition de franges dans des spectres cannelés permettent rarement d'obtenir des mesures dont l'exactitude dépasse 1/100; de plus les appareils à disparition des franges sont fatiguants et exigent l'emploi de sources lumineuses intenses, difficiles à maintenir constantes. D'autre part, l'œil ne permet des mesures que dans une région du spectre lumineux assez restreinte, comprenant une partie du rouge, l'orangé le jaune, le vert et le commencement du bleu. Pour ces diverses raisons on s'est trouvé conduit à étudier l'emploi d'autres méthodes photométriques dans lesquelles l'œil n'interviendra pas et qui permettront l'observation de radiations que l'œil ne voit pas ou qu'il voit difficilement. Ces méthodes sont fondées sur les actions chimiques de la lumière.

L'une de ces méthodes consiste à employer des plaques photographiques; M. Bouasse, dans un travail du plus grand intérêt a étudié l'hétéréogénéité des plaques et il a indiqué une méthode photométrique irréprochable fondée sur l'emploi de plaques du commerce. Cette méthode a l'inconvénient d'être assez pénible et d'exiger un grand nombre de mesures pour constater l'égalité de deux faisceaux lumineux. M. Camichel a cherché s'il n'était pas possible, tout en employant des plaques photographiques ordinaires, d'imaginer une méthode simple pour la comparaison de deux intensités lumineuses et quelle était l'approximation des mesures fournies par ce procédé.

I. — *Étude de l'homogénéité d'une plaque photographique.* — Pour cette étude la plaque est disposée sur un chariot mû par une vis micrométrique qui permet de la déplacer parallèlement à elle-même dans son plan.

En avant de cette plaque est placée une lampe à incandescence de 15 volts enfermée dans un cylindre vertical muni d'un tube horizontal en carton noirci dirigé normalement à la plaque. Dans le prolongement de ce tube s'en trouve un second dont le fond, voisin de la plaque, est muni d'une fenêtre. Entre les deux tubes est disposé un obturateur à pendule : le pendule est ordinairement maintenu dans une position inclinée au moyen d'un électro-aimant et dans cette position le faisceau lumineux provenant de la lampe est intercepté ; en coupant le courant qui excite l'électro-aimant le pendule est mis en mouvement et démasque une ouverture laissant passer la lumière.

Chaque fois que le pendule obturateur est mis en action, la plaque se trouve impressionnée sur une étendue correspondant aux dimensions (8 mm de haut sur 3 mm de large) de la fenêtre percée dans le fond du tube dont il a été question. Quand une impression a été effectuée on déplace la plaque au moyen de la vis micrométrique de manière que la nouvelle plage impressionnée soit séparée de la précédente par un intervalle de 1 mm. Lorsque la plaque est ainsi impressionnée d'un bord à l'autre on la développe, dans l'obscurité la plus complète, au moyen d'un bain à l'oxalate de potassium et au sulfate ferreux; ce bain doit avoir une profondeur de 3 à 4 cm et on ne doit pas agiter pendant l'opération pour éviter l'action de l'air sur le cliché. Le développement terminé, au bout de dix minutes, on lave la plaque et on la fixe.

Comme la durée d'impression de chaque plage est la même si le pendule obturateur est bien réglé, les diverses plages d'une plaque homogène doivent avoir la même intensité après le développement. Pour s'assurer qu'il en est ainsi, l'observation par l'œil ne suffit pas; il faut prendre un instrument plus sensible que l'œil.

Le dispositif utilisé par M. Camichel est analogue à celui déjà employé par M. Bouasse. La plaque est placée sur le chariot de l'appareil précédent, la face gélatinée étant tournée du côté de la lampe. Entre celle-ci et la plaque on interpose une lentille qui donne sur la plaque une image nette du filament : une fente percée dans un écran proche de la plaque limite à quelques millimètres la longueur de cette image ; enfin au delà de la plaque et dans

le prolongement de l'axe du faisceau lumineux se trouvent une lentille, un écran et une pile thermo-électrique enfermée dans une enceinte à doubles parois pleine d'eau et reliée à un galvanomètre. Pour opérer on amène au moyen de la vis micrométrique le milieu de chaque plage sur l'axe du faisceau lumineux, on retire l'écran masquant la pile et l'on observe la déviation galvanométrique. Si, en se basant sur les battements d'un métronome, on a soin de laisser la pile démasquée pendant le même temps à chaque expérience la comparaison des déviations galvanométriques fait connaître le degré d'homogénéité de la plaque.

Parmi les plaques étudiées ainsi par M. Camichel, le plus grand nombre (environ 80 p. 100) ne présentent que des variations très faibles dans leur opacité : le rapport $\frac{\alpha - \alpha'}{\alpha}$ de la différence de deux déviations à l'une d'elles, rapport que l'on peut prendre comme définition arbitraire du degré d'hétérogénéité, est en effet inférieur à 1/200.

II. *Méthode photométrique.* — Dans cette partie de sa communication M. Camichel montre comment on peut déduire des résultats qui précèdent une méthode photométrique simple.

Considérons deux sources A et B. Avec le dispositif décrit plus haut on forme sur un même cliché : 1° une photographie avec la source A ; 2° une photographie avec la source B dont l'intensité a été réduite dans le rapport $1/k_1$ (et divers appareils, en particulier le spectiophotomètre de M. Camichel construit par M. Pellin, permettent d'effectuer la réduction de l'intensité dans un rapport connu à 1/300°) ; 3° une photographie avec A ; 4° une photographie avec B_1 dont l'intensité a été réduite dans un autre rapport $1/k_2$; 5° une photographie avec A_1, etc. ; toutes ces photographies correspondent à la même durée de pose. Le cliché développé est ensuite étudié avec la pile thermoélectrique. Les photographies impaires donnent le degré d'homogénéité de la plaque ; si cette homogénéité est jugée insuffisante, on recommence l'expérience avec une autre plaque. En cherchant les impressions photographiques circulaires qui donnent les déviations galvanométriques les plus voisines, il est possible, par une série d'approximations successives, de déterminer dans quel rapport l'intensité de la source B doit être réduite pour qu'elle produise le même effet que A.

La comparaison des intensités lumineuses par ce procédé donne des résultats exacts à plus du centième. Elle paraît plus longue que la comparaison par les méthodes photométriques directes, mais il ne faut pas oublier que celles-ci exigent qu'on recommence un grand nombre de fois les mesures et même que diverses personnes fassent successivement la même détermination.

Sur la photométrie chimique et photographique, par **A. Cotton**.

Dans cette communication l'auteur présente deux ordres de remarques : les unes, d'un caractère plutôt théorique, concernent le problème général de la mesure des intensités ; les autres se rapportent à l'application pratique de la photographie aux recherches spectrophotométriques.

I. Dans cette première partie M. Cotton commence par insister sur la nécessité actuelle de ramener les grandeurs photométriques usuelles aux autres grandeurs physiques, c'est-à-dire déterminer combien d'ergs, de joules ou de calories sont rayonnés par seconde par une source émettant une radiation bien déterminée ou reçus par une surface placée sur le trajet de rayons radiés.

Parmi les méthodes qui permettraient de déterminer la quantité d'énergie reçue sur une surface, il en est une susceptible de donner une mesure directe et qui servira peut-être plus tard, bien qu'il puisse sembler audacieux de le proposer aujourd'hui. Elle consisterait

à utiliser la répulsion (Maxwell-Bartoli) qu'éprouve un corps exposé à un rayonnement qu'il réfléchit ou qu'il absorbe, répulsion qui est liée directement à la quantité à mesurer par une relation extrêmement simple. Les travaux récents de Ledebew (publiés dans les *Drudes'Annalen*) semblent confirmer cette prévision; ils montrent bien que ces actions mécaniques, pour diverses raisons, ne sont pas très faciles à mesurer, mais M. Cotton ne croit pas que ces difficultés soient suffisantes pour rejeter *a priori* l'idée d'appliquer ces actions à la mesure du rayonnement. La difficulté semble résider surtout dans la nécessité où l'on se trouverait de placer l'appareil de mesure dans un vide très parfait plutôt que dans la petitesse des forces en jeu. Boys a en effet mesuré des couples bien plus petits que ceux qui intervenaient dans les expériences de Ledebew; et d'ailleurs pourrait-on affirmer qu'il est impossible de trouver pour la mesure d'actions mécaniques très faibles mais *constantes*, des appareils plus sensibles que le fil de torsion aujourd'hui employé? Théoriquement il suffirait de supprimer les actions étrangères et d'attendre assez longtemps pour que le mouvements du corps devienne sensible. La méthode aurait d'ailleurs un avantage qui lui est propre et qu'il est bon de faire ressortir : en mesurant l'action subie par un miroir parfaitement réfléchissant (qu'il est souvent plus facile d'obtenir qu'un corps parfaitement absorbant), *elle permettrait de mesurer le rayonnement sans l'altérer*, tandis que dans les autres méthodes, on le détruit [1].

Une seconde méthode est la *méthode thermique*. Pour l'utiliser à la détermination en unités absolues de l'énergie absorbée par un corps il faudrait évaluer en degrés (et non pas en unités arbitraires comme on le fait ordinairement) l'élévation de température du corps et connaître en outre la capacité calorifique de ce corps; si celui-ci était parfaitement absorbant, si on pouvait tenir un compte rigoureux des pertes de chaleur dues à diverses causes, on aurait alors par une sorte d'opération calorimétrique, la valeur absolue cherchée. Mais ces opérations sont difficiles et on s'explique que les mesures absolues ainsi faites soient peu nombreuses [1]; elles se rapportent presque uniqnement à l'énergie totale et les résultats des mesures sur la répartition de l'énergie dans les spectres infra-rouges sont le plus souvent exprimés encore en unités arbitraires.

A propos de cette méthode M. Cotton fait observer qu'il y aurait intérêt à augmenter l'effet du faisceau reçu par l'appareil en laissant ce faisceau agir pendant quelque temps. Pour l'étude de la partie la plus refrangible du spectre il suggère l'emploi d'un écran transparent pour l'ultra-violet mais réfléchissant pour les rayons infra-rouges émis par le récepteur thermoélectrique, écran qui pourrait être constitué par une très mince couche d'argent; on éviterait ainsi les erreurs provenant du rayonnement du récepteur. Il rappelle que c'est en accumulant par un procédé de ce genre (avec un simple écran de verre) les effets du rayonnement que Melloni a réussi à mettre en évidence au moyen d'appareils imparfaits le rayonnement calorifique très faible que la lune envoie sur la terre.

La méthode *chimique* permettrait également d'effectuer des mesures absolues. Elle consiste à employer l'énergie lumineuse à produire des réactions bien connues et pour lesquelles les données thermochimiques sont bien déterminées; il suffit alors, théoriquement, de mesurer les masses qui ont réagi. L'application de cette méthode aurait l'avantage que l'on pourrait, en prolongeant la durée de l'action, augmenter ces masses. Mais cette application représente de nombreuses difficultés [2].

---

[1] On a déterminé d'une autre façon la valeur absolue de l'énergie totale d'un faisceau : en comparant la chaleur qu'il apporte à celle qu'apporte un courant électrique connu.

[2] M. Cotton s'étend longuement sur cette méthode; les considérations qu'il développe ne pouvant manquer

La méthode *photographique*, qui n'est qu'un cas particulier de la méthode chimique, est sujette aux mêmes objections que celle-ci. Toutefois elle est d'une application plus pratique et dès actuellement la plaque photographique peut remplacer, avec avantages dans certains cas, l'observation directe.

II. C'est cette méthode que M. Cotton examine plus spécialement dans la dernière

---

d'intéresser ceux de nos lecteurs qui s'occupent de photomètre, nous croyons utile de les reproduire ici :

» M. Berthelot (décomposition de l'acide azotique, de l'acide iodique, de l'oxyde de mercure, du chlorure d'argent pur; on ne peut dire encore s'il en est de même de l'action chlorophyllienne.) (*Annales de Ch. et Ph.* (7), XV, p. 332; 1898) a insisté sur l'importance capitale qu'aurait la solution de ce problème. Mais en cherchant à le résoudre, il a précisé les conditions auxquelles devrait satisfaire la réaction utilisée. Elle doit d'abord être *endothermique :* si elle était exothermique, en effet, il n'y aurait pas *équivalence* entre la cause et l'effet (il pourrait y avoir, tout au plus, dans certains cas, *proportionnalité*, comme nous le verrons tout à l'heure).

» M. Berthelot a donc cherché des réactions endothermiques provoquées par la lumière, il en a trouvé bien peu. Mais il ne suffit pas que la réaction soit endothermique, il faut en second lieu, que la réaction *inverse* ne se produise pas spontanément (comme ce serait le cas du chlorure d'argent). En troisième lieu, et c'est là surtout, ce qui est difficile, il faudrait s'assurer que *toute* l'énergie apportée par le faisceau a été utilisée à produire par la réaction.

» Or, on peut dire qu'il n'en est jamais ainsi : les radiations efficaces elles-mêmes, celles qui produisent la réaction, sont toujours affaiblies déjà par l'absorption ordinaire, c'est-à-dire transformées en chaleur, par leur passage à travers les vases servant aux expériences, les corps en présence ou les produits de leur réaction. (M. Berthelot indique même comme règle générale que ces derniers sont particulièrement absorbants : les corps solides, par exemple, exposés à la lumière ne sont souvent altérés qu'à la surface par suite de la formation d'un enduit opaque.) Il y a donc une partie de l'énergie qui n'est pas mesurée par la réaction chimique : il faudrait en tenir compte.

» On doit à M. G. Lemoine d'avoir mis en relief l'importance très grande de cette « absorption physique » dans son grand travail sur la réaction provoquée par la lumière sur le mélange de chlorure ferrique et d'acide oxalique dissous. (Lemoine, *Ann. Ch. et Ph.* (7). VI, p. 432 ; 1895). Cette réaction est tout à fait la même que celle que l'on détermine en chauffant le mélange à une température suffisamment élevée, et que M. Lemoine avait étudiée antérieurement. Cette réaction est exothermique, et il ne saurait y avoir, dans ce cas, équivalence entre l'énergie lumineuse et l'énergie chimique mise en jeu, qui se déduit de la mesure des masses qui ont réagi.

» Ces réactions exothermiques ne pourraient servir à des mesures absolues : pourrait-on au moins les appliquer à des mesures *relatives*, si on connaissait la relation reliant, dans chaque cas, les masses qui ont réagi, à l'intensité ?

» La loi la plus simple que l'on puisse espérer trouver est une relation de proportionnalité entre les deux : c'est celle à laquelle M. Lemoine est arrivé pour la réaction particulière qu'il a étudiée dans les limites assez étendues. Mais il n'est arrivé à cette loi simple qu'en calculant l'intensité réellement agissante, en tenant compte de l'absorption très marquée produite par le chlorure ferrique lui-même. Cette correction est difficile à faire : elle n'est pas la même pour les diverses radiations, elle est plus ou moins importante suivant l'épaisseur de la cuve, la concentration initiale et la composition du liquide qui change progressivement à mesure que la lumière agit. On voit par là qu'il est difficile d'imaginer un procédé de photométrie clinique fondé sur cette réaction, même si on ne se proposait que des mesures relatives.

» Or cette réaction, comparée à d'autres réactions exothermiques provoquées par la lumière apparaît cependant comme particulièrement simple. C'est ainsi que la réaction commencée à la lumière ne se continue pas à l'obscurité, qu'un éclairement antérieur de l'une ou l'autre des deux solutions, avant leur mélange, a paru à M. Lemoine être sans effet ; que la réaction s'effectue toujours régulièrement sans qu'on la voie s'accélérer de plus en plus, etc... Ces diverses complications s'observent très souvent : les deux dernières, par exemple, ont été constatées par M. Duclaux (Duclaux, *Ann. Institut Pasteur*, p. 131 ; 1896) dans l'étude de l'altération qu'éprouvent à la lumière, en présence de l'oxygène de l'air, les solutions d'acide oxalique. D'autres encore peuvent intervenir : sans parler des cas où la réaction est *explosive*, qui sont très rares (la réaction du chlore sur l'hydrogène en présence de la lumière solaire, n'est explosive que si les gaz sont purs et mesurés avec exactitude), il faudrait citer ceux où la réaction ne se produit pas, même si l'exposition à la lumière est prolongée très longtemps, lorsque l'intensité lumineuse et trop faible. (C'est le cas de l'action de la lumière sur le sulfure de carbone en présence de l'oxygène, étudiée récemment par M. Berthelot (*Ann. de Ch. et Ph.* (7), XIV, p. 155; 1898).

» Tout cela empêche que l'on puisse mesurer le rapport entre deux éclairements, en comparant directement les actions chimiques qu'ils produisent, pendant la même durée sur un même réactif exposé successivement à tous les deux. En revanche, si dans ces conditions on observe que deux faisceaux ayant exactement la *même composition spectrale*, produisent les *mêmes* actions, on peut en conclure qu'ils ont la même intensité : *le réactif sensible à la lumière peut remplacer l'observation directe, mais son emploi suppose encore que l'on amène à l'égalité les deux faisceaux à comparer.*

partie de sa communication. A son avis les conditions indispensables pour obtenir avec cette méthode toute la précision dont elle est susceptible n'ont pas été remplies en toute rigueur dans les recherches publiées jusqu'ici ([1]). Aussi croit-il devoir exposer comment on pourrait concevoir un dispositif où ces remarques seraient utilisées. Nous laissons la plume à M. Cotton pour cet exposé :

« Imaginons, dit-il, qu'on photographie côte à côte, l'un au dessus de l'autre, par exemple, sur la même plaque, deux spectres. Le premier serait le spectre à étudier, l'autre un spectre de comparaison, donné par un étalon, mais qui serait disposé de façon que *son éclat varierait linéairement lorsqu'on se déplacerait de haut en bas en suivant une image de la fente* ([2]). Comparons deux bandes, dans le prolongement l'une de l'autre, correspondant dans les deux spectres à la même région. La partie du cliché correspondant au premier spectre présentera dans cette bande une intensité uniforme ; tandis que l'autre présentera un *noir* dont l'intensité croîtra du haut en bas, suivant une loi plus ou moins compliquée qu'il serait utile de connaître à peu près pour se placer dans les meilleures conditions mais qui n'intervient pas dans la mesure.

Il suffit alors de chercher quel est le point de la bande d'intensité variable, où le noir est identique à celui qui existe partout dans l'autre bande ; de la position de ce point on déduira immédiatement le rapport entre les intensités. La comparaison des diverses parties des deux plages pourrait se faire par une observation directe, après avoir amené au contact (avec un prisme biréfringent, par exemple), les deux portions étroites (limitées par des diaphragmes) que l'on veut comparer. On pourrait aussi comparer les noirs par le procédé, où l'on se sert de la pile thermoélectrique, qu'a utilisé M. Bouasse (*Ann. Fac. Sc. Toulouse*, VIII ; 1894).

» Il faudrait ainsi faire en quelque sorte une expérience pour chacune des régions du spectre que l'on veut étudier : et ces régions devraient être assez nombreuses pour qu'on puisse tracer ensuite la courbe donnant en chaque point du spectre le rapport entre les intensités. La photographie ne pourrait-elle tracer directement cette courbe ?

» Est-il bien nécessaire de faire ainsi toute une série d'*expériences* sur le cliché obtenu ? Je crois qu'on pourrait effectivement s'en passer. Il faudrait s'arranger de façon que les deux spectres à comparer ne soient pas l'un au-dessus de l'autre, comme je l'ai supposé, mais en quelque sorte, *imbriqués* l'un dans l'autre ([3]). Contre la plaque sensible par exemple ([4]), plaçons un écran découpé formé d'un réseau de bandes verticales dans lequel les *pleins*, égaux aux vides, auront par exemple 1 mm de largeur, et photographions le spectre à étudier. Puis faisons agir un mécanisme permettant de déplacer le réseau exactement de 1 mm de façon que les pleins occupent maintenant exactement la place occupée précédemment par les vides, et photographions alors pendant le même temps, sur les parties de la plaque ainsi réservées, le spectre de comparaison.

» Les deux clichés correspondant aux deux faisceaux à comparer se complètent ainsi

---

([1]) Parmi ces recherches à citer le travail de M. Simon, *Wied. Ann.* LIX, p. 90, 1896 ; sur les spectres d'absorption ultra-violets. Voir *Journal de Physique*, t. VI, p. 369, 1897.

([2]) « Pour réaliser cette condition on pourrait imaginer différents dispositifs : par exemple, une fente dont la largeur croîtrait régulièrement du haut en bas, employée avec une dispersion suffisante et un spectroscope dépourvu d'astigmatisme. Ou bien encore on placerait une fente à bords parallèles dans la pénombre d'un écran qui empêcherait l'accès des rayons provenant de régions de plus en plus étendues de la source, etc... ».

([3]) « Cela a, en outre, l'avantage que l'on n'a pas besoin d'admettre que la plaque employée a les mêmes propriétés en des régions relativement écartées. »

([4]) « S'il y avait dans les spectres à étudier des variations très rapides de l'intensité, il vaudrait mieux placer les bandes opaques horizontalement. On pourrait alors mettre l'écran découpé sur la fente du collimateur. »

l'un l'autre ; ils ne diffèrent que par l'intensité. Si nous suivons du regard une des bandes correspondant au second spectre, nous observerons qu'à une de ses extrémités elle se détache en clair sur les deux bandes qui l'encadrent, tandis qu'au contraire elle est plus sombre à l'autre extrémité.

» La région où les deux spectres ont la même intensité apparaîtra ainsi directement à l'œil, sa position donnera le rapport cherché avec une précision suffisante si les bandes sont assez nombreuses. On obtiendra ainsi directement pour une région assez étendue du spectre, photographié d'un seul coup, la courbe donnant la valeur des rapports cherchés.

» Cette méthode s'appliquerait très simplement à la mesure des spectres d'absorption (1), et fournirait directement des renseignements déjà précis sur la valeur même du coefficient d'absorption dans les diverses parties du spectre. Il est bon d'ajouter que l'on pourrait par la suite reproduire le cliché de telle façon qu'on le voudra : alors même que le procédé sont les mêmes resteront toujours à la même place et dessineront la même courbe. adopté n'existerait pas les valeurs relatives des demi-teines, les points où les intensités

» Pour terminer, j'examinerai la question de savoir si la précision des mesures ainsi faites avec le secours de la photographie serait plus grande que celle des mesures spectrophotométriques ordinaires.

Examinons à ce point de vue les diverses radiations :

« Pour l'ultra-violet, la question ne se pose pas : la méthode photographique s'impose.

» Pour le spectre visible, il semble que les deux procédés soient à peu près équivalents à ce point de vue; l'avantage étant nettement pour la photographie, au moins lorsqu'il s'agit de la portion la plus réfrangible.

» Des expériences sur l'emploi du polarimètre à pénombres où l'on fait, comme on sait, une véritable opération photométrique, fournissent à cet égard des renseignements qu'il est bon d'indiquer ici : MM. Chauvin et Fabre (2) ont essayé de remplacer dans l'emploi de cet instrument l'observation directe par l'obtention d'une série de clichés successifs. La précision des résultats déduits de l'examen de ceux-ci, a été trouvée à peu près la même que celle des mesures directes, peut-être un peu inférieure. Mais les expériences ont été faites avec la lumière jaune du sodium (pour laquelle on avait sensibilisé les plaques). J'ai eu l'occasion, dans des recherches (non publiées), de reprendre ces expériences en employant des plaques ordinaires et en faisant cette fois des mesures avec une lumière monochromatique (le polarimètre était muni d'une lame demi-onde pour cette couleur). J'ai trouvé dans ce cas que l'avantage était nettement pour la photographie quand les opérations sont bien conduites. On peut mesurer, en effet, avec des éclairements intenses (temps de pose courts) des pouvoirs rotatoires de liquides bleus à moins d'une minute près (3), simplement en examinant à l'œil les clichés successifs — procédé qu'on pourrait sans doute perfectionner.

» Passons enfin à l'infra-rouge. On pourrait être tenté de lui appliquer les mêmes méthodes, et pour cela de chercher à sensibiliser les plaques pour cette région du spectre. En fait on a réussi récemment à préparer des plaques sensibles jusqu'à la longueur d'onde de 1 micron, et même un peu au delà; on a photographié la partie correspondante du spectre des méteaux alcalins. Mais je ne crois pas que l'on puisse, à moins de précautions spéciales, aller bien loin dans cette voie. Il ne faut pas oublier, en effet, que les corps qui nous

(1) « Dans ce cas, pour éliminer l'effet des variations de la source unique fournissant les deux faisceaux, on ferait successivement avec les deux plusieurs poses identiques et alternées. »

(2) *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 691 ; 1891.

(3) « Dans ce cas particulier, l'emploi de radiations très réfrangibles a un autre avantage : la quantité à mesurer croît elle-même très vite avec la réfrangibilité ».

entourent émettent tous, à la température ordinaire, des radiations infra-rouges, et que si l'on pouvait préparer des plaques sensibles à des radiations de 9 à 10 microns par exemple, ces plaques se voileraient si on les laissait dans ce que nous appelons l'*obscurité*.

» Il paraît bien préférable, pour photographier dans l'infra-rouge, d'utiliser la phosphorographie, c'est-à-dire la destruction de la phosphorescence par les rayons calorifiques obscurs, ou bien l'action de ces rayons sur les plaques ordinaires préalablement voilées par d'autres radiations. M. Villard a annoncé en particulier [1] que le *voile* produit par une exposition préalable aux rayons de Rœntgen était détruit jusque dans l'infra-rouge. C'est sans doute par des procédés de ce genre que l'on arrivera à photographier dans l'obscurité, une boule chaude, le corps humain, etc., et qu'on pourra appliquer la photographie à l'étude générale, et en particulier à la spectrophotométrie de ces radiations calorifiques obscures si importantes. »

J. BLONDIN.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

ACCUMULATEURS

Quelques essais sur des accumulateurs au zinc-plomb, par **Oscar Gabran**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, XXIII, p. 571-574, 26 juin 1902.

M. Oscar Gabran a procédé à des essais d'assez longue durée sur des accumulateurs au zinc-plomb, encouragé par les résultats d'essais qu'il avait d'abord entrepris avec M. Nothomb sur un accumulateur du type monobloc Julien.

Dans ces essais M. Gabran employa quatre types d'éléments.

Le premier type était constitué par une caisse en cuivre, divisée en 7 compartiments par 6 cloisons en cuivre perforées ; dans ces compartiments étaient disposées des positives du type Fulmen. Le cuivre était amalgamé et on y avait déposé, par électrolyse, une couche de zinc amalgamé. L'électrolyte était une solution de sulfate de zinc ($Zn\ SO^4$) à 30° Baumé avec de l'acide sulfurique à 25° B. La densité au commencement de la charge était de 25° B. Le poids de l'élément complet était de 14,3 kg. Au fond de l'élément il y avait une couche de mercure.

Le deuxième élément avait trois positives Tudor (Planté) pesant 2,5 kg, correspondant à quatre négatives constituées par des plaques de cuivre amalgamées pesant 0,5 kg et ayant une surface de 4×40 cm². Comme électrolyte on avait une solution à 12° B.

Le troisième élément avait une positive monobloc, de Julien, et dans les 3 ouvertures du bloc étaient disposés des cylindres de cuivre. Le poids du bloc positif était de 2 kg, les 3 cylindres négatifs pesaient 0,5 kg. L'électrolyte était une solution de sulfate de zinc et d'acide sulfurique à 20° B. L'élément était monté dans un bac en celluloïd.

Le quatrième élément était constitué par deux positives de Fulmen de 2 kg auxquelles correspondaient comme négatives trois plaques de cuivre pesant 0,5 kg et ayant une surface de 3×40 cm². La densité de l'électrolyse était de 26°.

Au-dessous des négatives de ces 3 derniers types d'éléments étaient installés de petits récipients en cuivre contenant du mercure.

Dans les essais les 3 derniers éléments étaient placés en série, quoiqu'ils ne fussent pas tout à fait exactement de la même capacité.

Les mesures ont été effectuées au moyen de baguettes de cadmium comme électrodes auxiliaires, en relevant chaque fois la différence de potentiel entre les positives de l'électrolyte (cadmium) et les négatives et l'électrolyte. On a tenu compte des erreurs se produisant dans ces mesures.

Les tableaux suivants donnent les valeurs moyennes mesurées sur les 3 éléments et les courbes 1 et 2 sont la traduction de ces mesures, les courbes 3 et 4 se rapportent à des élé-

(1) *Soc. franc. de Physique*, 1901 et 1902.

Décharge

Heures des relevés	Tudor						Monobloc						Fulmen						Résistance en ohms
	Différence de potentiel. + et —	+ et Cdm	— et Cdm	Ampères.	Degrés Baumé.	Degrés centigrades échauffement.	Différence de potentiel. + et —	+ et Cdm	— et Cdm	Ampères.	Degrés Baumé.	Degrés centigrades échauffement.	Différence de potentiel. + et —	+ et Cdm	— et Cdm	Ampères.	Degrés Baumé.	Degrés centigrades échauffement.	
8 h.	2,46	2,10	0,36	2	10,0	8,5	2,47	2,10	0,37	2	18,0	9,0	2,48	2,10	0,38	2	24,0	9,0	0,020
9 »	2,40	2,04	0,36	2	10,0	8,5	2,43	2,10	0,33	2	18,0	9,0	2,41	2,08	0,38	2	24,0	9,0	0,016
10 »	2,40	2,04	0,36	2	10,0	8,75	2,43	2,10	0,33	2	18,0	9,25	2,46	2,08	0,38	2	24,0	9,5	0,016
11 »	2,36	2,00	0,36	2	10,0	9,0	2,43	2,10	0,33	2	18,0	9,5	2,43	2,05	0,38	2	24,0	10,0	0,016
midi	2,36	2,00	0,36	2	10,0	9,5	2,42	2,09	0,33	2	18,25	10,0	2,43	2,05	0,38	2	24,25	10,5	0,017
1 h.	2,36	2,00	0,36	2	10,125	10,0	2,42	2,06	0,33	2	18,25	11,0	2,40	2,03	0,37	2	24,25	11,0	0,017
2 »	2,34	1,98	0,36	2	10,25	10,5	2,40	2,08	0,32	2	18,25	11,5	2,40	2,03	0,37	2	24,25	11,5	0,017
3 »	2,34	1,98	0,36	2	10,25	10,75	2,38	2,08	0,30	2	18,5	12,0	2,40	2,03	0,37	2	24,25	11,5	0,018
4 »	2,30	1,94	0,36	2	10,75	11,0	2,36	2,06	0,30	2	18,75	12,5	2,38	2,01	0,37	2	24,5	12,0	0,018
5 »	2,25	1,91	0,34	2	11,0	11,5	2,34	2,04	0,30	2	19,0	13,0	2,38	2,01	0,37	2	24,75	12,5	0,019
6 »	2,16	1,82	0,34	2	11,25	12,0	2,33	2,04	0,29	2	19,25	13,6	2,36	2,00	0,37	2	25,0	13,0	0,019

Charge

Heures des relevés	Tudor						Monobloc						Fulmen						Résistance en ohms
	Différence de potentiel. + et —	+ et Cdm	— et Cdm	Ampères.	Degrés Baumé.	Degrés centigrades échauffement.	Différence de potentiel. + et —	+ et Cdm	— et Cdm	Ampères.	Degrés Baumé.	Degrés centigrades échauffement.	Différence de potentiel. + et —	+ et Cdm	— et Cdm	Ampères.	Degrés Baumé.	Degrés centigrades échauffement.	
8 h.	2,66	2,26	0,4	4,5	12	10	2,68	2,15	0,53	4,5	20	10	2,60	2,26	0,34	4,5	26	10	0,040
9 »	2,76	2,36	0,4	4,5	12	10	2,80	2,25	0,55	4,5	19,5	11	2,75	2,35	0,40	4,5	25,5	11	0,020
10 »	2,76	2,36	0,4	4,3	11,5	11	2,80	2,25	0,55	4,3	19	12	2,76	2,35	0,41	4,3	25	12,5	0,019
11 »	2,77	2,37	0,4	4,3	11	12,5	2,81	2,25	0,56	4,3	18,5	12,5	2,78	2,37	0,41	4,3	24,5	13	0,019
midi	2,77	2,37	0,4	4,5	10,75	12	2,81	2,25	0,56	4,5	18,25	13	2,78	2,37	0,41	4,5	24,25	13,25	0,019
1 h.	2,78	2,38	0,4	4,5	10,5	12,25	2,82	2,25	0,57	4,5	18	13,5	2,79	2,38	0,41	4,5	24	13,5	0,018
2 »	2,78	2,38	0,4	4,5	10,25	12,25	2,82	2,25	0,57	4,5	17,75	13,75	2,80	2,39	0,41	4,5	23,75	13,75	0,018
3 »	2,78	2,38	0,4	4,4	10	12,5	2,82	2,25	0,57	4,4	17,5	14	2,80	2,39	0,41	4,4	23,5	14,25	0,017
4 »	2,78	2,38	0,4	4,5	9,75	13	2,82	2,26	0,56	4,5	17,25	14,5	2,80	2,39	0,41	4,5	23,25	15	0,017
5 »	2,78	2,38	0,4	4,5	9,5	13,5	2,83	2,27	0,56	4,5	17	15	2,80	2,39	0,41	4,5	23	15,5	0,017
8 heures	35,53 ampères-heure						35,63 ampères-heure						35,63 ampères-heure						

ments monobloc ordinaires et peuvent servir à la comparaison des résultats.

En examinant la courbe de charge de l'accumulateur zinc-plomb, l'uniformité de la négative saute aux yeux. La tension entre la négative et l'électrolyte ne dépasse pas 0,45 volt à la charge et ne descend pas au-dessous de 0,35 volt à la décharge. Naturellement pour que ce fait se produise, il faut qu'il y ait toujours un excès de zinc, car aussitôt que tout le zinc est employé la tension tombe presque subitement.

La tension supérieure de l'élément monobloc à la charge et sa tension supérieure à la charge (voir les tableaux) provient de la polarisation : la surface des négatives est relativement plus faible que dans les deux autres éléments et il y a par conséquent plus de différence entre la charge et la décharge.

La tension de l'élément zinc-plomb à la décharge (2,4 volts au commencement, à 2,1 à la fin) est supérieure à celle de l'élément plomb-plomb (2,1 volts à 1,8 volt) ; cela est dû à une plus grande différence de potentiel entre la

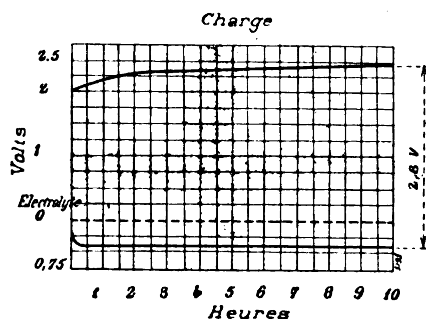


Fig. 1.

négative et l'électrolyte (cadmium). A la décharge, la courbe de la différence de potentiel entre la positive et l'électrolyte est pour l'élément zinc-plomb inférieure à celle de l'élément plomb-plomb ; ceci provient d'une résistance intérieure plus grande.

La densité de l'électrolyte de l'élément zinc-plomb, diminue à la charge et augmente à la décharge, contrairement à ce qui se passe dans l'élément au plomb-plomb. A la charge de l'élément

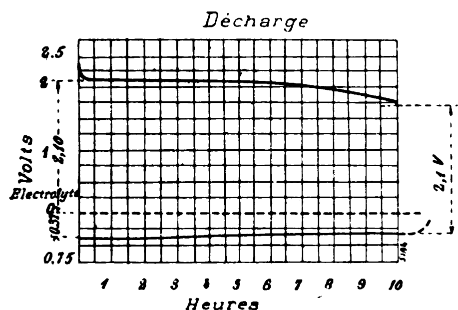


Fig. 2.

au zinc-plomb du zinc disparaît de l'électrolyte et la teneur en acide augmente, il y a diminution de la densité et diminution de la résistance intérieure comme le montre le tableau. Les résistances indiquées dans les dernières colonnes des tableaux sont un peu trop élevées par suite de l'influence des contacts, lors de la mesure ; cependant la résistance est plus élevée que dans l'élément plomb-plomb.

La décharge de l'élément à circuit ouvert est empêchée par l'amalgamation. Il y a au bas de chaque négative du mercure qui monte et amalgame le zinc à la charge et retombe à la décharge.

La capacité est la même que dans l'accumu-

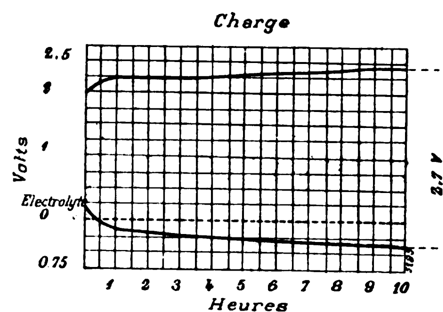


Fig. 3.

lateur au plomb ; les décharges ont été opérées 24 et 48 heures après la charge.

Pour une décharge en 10 heures de 2,4 volts à 1 volt, M. Gabran a obtenu :

331 watt-heures avec l'élément n° 1 pesant 14,3 kg au total.

50,6 watt-heures avec l'élément Tudor dont les électrodes pesaient 3 kg.

81 watt-heures avec l'élément monobloc, dont les électrodes pesaient 2,5 kg.

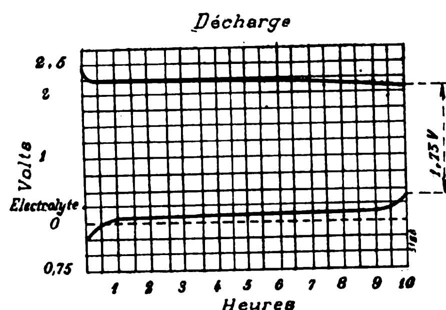


Fig. 4.

72 watt-heures avec l'élément Fulmen dont les électrodes pesaient 2,5 kg.

M. Gabran termine ainsi son article :

Par suite de la tension plus élevée et du poids moindre des électrodes, il n'est pas impossible que les éléments zinc-plomb trouvent leur application dans la pratique. Pendant des essais ininterrompus de une année et demie, je n'ai trouvé aucune cause déterminante contraire.

La crainte de voir le cuivre attaqué par le

mercure ne s'est pas réalisée jusqu'ici, car dans les éléments construits depuis une année, le cuivre n'est pas encore attaqué. Naturellement le cuivre doit être pur et sans soudure. Probablement le cuivre est protégé par le fait que l'acide trouve une combinaison plus facile avec le zinc déposé qu'avec le cuivre.

Comme le cuivre ne forme que le support pour le dépôt de zinc, il doit être bien protégé contre l'action de l'acide. Il est protégé par le dépôt de zinc lui-même, car il n'est attaqué que lorsque les dernières traces de zinc ont disparu. Pour empêcher cela, avant la charge, on dépose déjà une couche de zinc 4 à 5 fois plus forte que celle correspondant à la capacité de l'élément, ce qui donne une couche d'environ 1 à 2 mm d'épaisseur vu la grande surface des négatives.

J'ai employé, avec quelque succès, l'aluminium, aussi bien pour les accumulateurs ordinaires que pour les accumulateurs transportables au zinc-plomb, comme matière pour la fermeture des vis, etc. F. Loppé.

MOTEURS

Essais d'un moteur asynchrone triphasé de la Berliner Maschinenbau-A-G, autrefois L. Schwartgkopff, par **E. Ziehl**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 236, 20 mars 1902.

Ce moteur, type DM, se construit en 15 grandeurs différentes, de 1/4 cheval à 70 chevaux, soit blindé, soit ouvert.

L'auteur décrit le type DM7, 10 chevaux, 190 volts, 50 périodes, 4 pôles.

Les points caractéristiques de sa construction sont un poids faible de matériaux inactifs, une faible dépense dans le fer et dans le cuivre, un bon refroidissement des parties actives et par suite un faible échauffement. Le bâti cylindrique

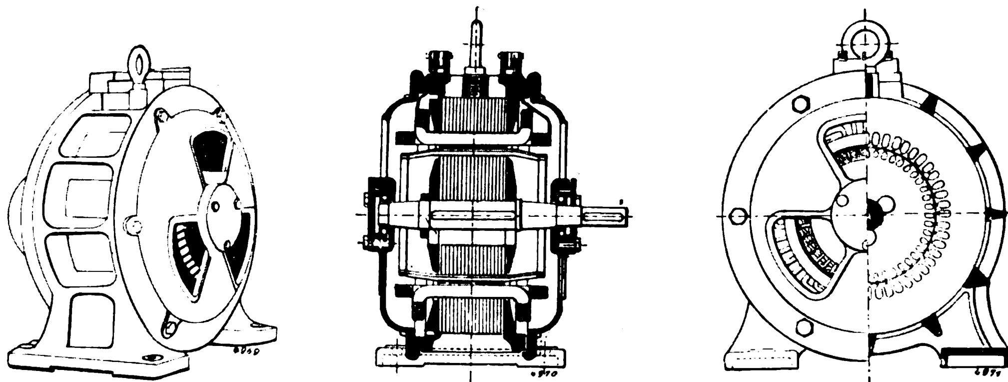


Fig. 1 à 3.

est largement découpé pour mettre à jour les tôles (fig. 1); les flasques latéraux, ouverts ou fermés suivant le type de moteur, portent les paliers, qui sont à billes (fig. 2).

La figure 2 représente une coupe longitudinale, la figure 3 une demi coupe et une demi élévation.

La perte par frottement est absolument négligeable, ainsi que par ventilation, si bien qu'on peut laisser fonctionner le moteur à vide comme un transformateur, sans autres pertes que l'hystérésis et la perte Joule.

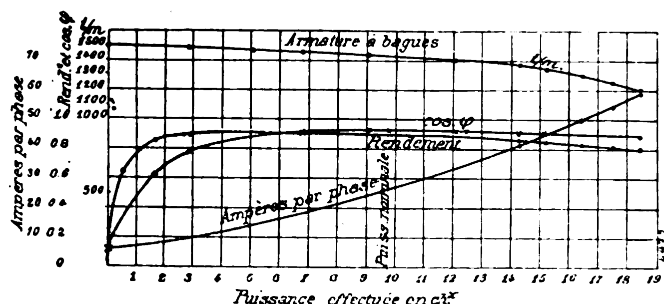
Le moteur est à 4 pôles; le stator a 4 encoches par pôle et par phase et un bobinage usuel à phases séparées, 48 encoches. Le rotor présente 44 encoches et un enroulement à barres, à raison de deux barres par encoche, formant 22 boucles fermées de chacune 4 barres (enroulement en court-circuit). Les poids se répartissent comme suit : tôles, 80 kg ; cuivre, 26,2 kg; poids total, 200 kg; soit 20 kg par cheval nominal.

Résultats des essais. — *Puissance*. — La puissance du moteur *ouvert* a été étudiée depuis la marche à vide jusqu'à la charge de 18,4 chevaux, le glissement relevé au moyen d'un compteur spécial [1], la puissance mesurée au wattmètre.

Les résultats sont consignés dans la figure 4: le rendement est déjà de 88,5 p. 100 à 1/4 de charge, soit 2,5 chevaux; 91 à 1/2 charge et 90 à pleine charge : le cos φ atteint son maxi-

[1] Cf. *Écl. Élec.*, t. XXXI, p. 60, 12 avril 1902.

mum, 0,925 pour 9,5 chevaux. Le glissement est de 4,3 p. 100 à charge normale : le moteur n'a pu être poussé jusqu'au couple maximum à cause de l'échauffement.



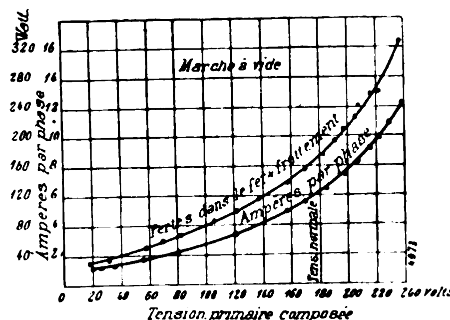
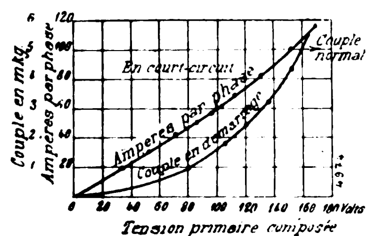


Fig. 4 et 5.

Marche à vide. — La tension a été poussée jusqu'à 237 volts, à fréquence constante, ce qui donne la courbe de magnétisme du moteur (fig. 5). Le courant à vide est 6,8 ampères sous 190 volts, soit à peu près le 1/4 du courant normal, qui est de 27,2 ampères. La figure 5 contient, en outre, les pertes en fonction de la tension. Le moteur donnait déjà une vitesse très voisine du



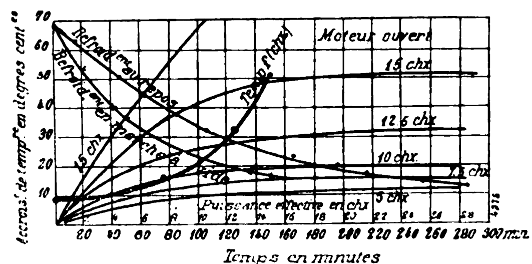
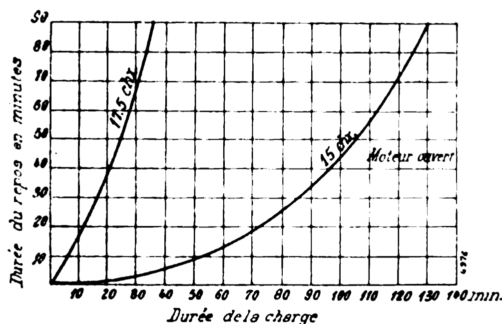


Fig. 6 et 7.

synchronisme sous 20 volts. Les pertes par frottement sont très faibles.

Court-circuit. — La figure 6 donne le courant dans le primaire, le moteur étant calé et l'armature en court-circuit, et le couple au démarrage, mesuré en équilibrant l'action du courant par un poids appliqué au frein, le tout en fonction de la tension composée.



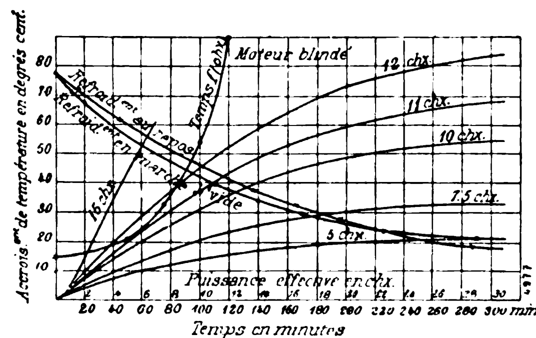


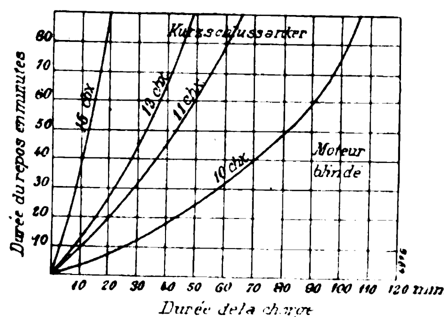
Fig. 8 et 9.

Le couple normal est atteint pour 159 volts et un courant primaire de 105 ampères.

Echauffement du moteur ouvert. 1° *Charge continue.* — Pour la charge normale de 10 chevaux, l'élévation maximum de température a été de 20,5° C. au-dessus de l'ambiante (17° C.), la

mesure ayant été faite au thermomètre. Des essais en charge, avec relevé des températures toutes les dix minutes, ont été faits pour les puissances de 5, 7,5, 10, 12,5, 15, 17,5 chevaux, en partant de la température initiale 17° C., et sont consignés dans la figure 7. A vide, l'échauffement permanent était de 9°. La courbe marquée « temp. f. (chevaux) » donne la température de régime en fonction de la puissance. Si l'on admet un échauffement de 50°, le moteur peut développer en régime continu une puissance de 14,9 chevaux.

2° *Charge intermittente.* — Pour étudier le fonctionnement intermittent, il faut connaître la courbe du refroidissement en fonction du temps, dans les deux états de repos et de marche à



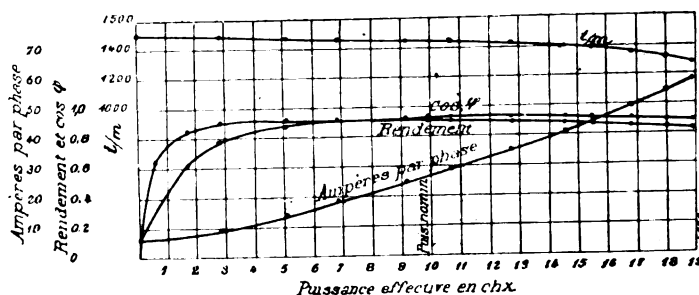


Fig. 10 et 11.

vide; ces deux courbes sont tracées dans la figure 7.

On en déduit facilement quel temps de repos ou de marche à vide il faut admettre après une certaine durée de marche pour que l'excès de 50° C. ne soit pas dépassé, pour des puissances supérieures à 14,9 chevaux, car au-dessous de cette puissance, la charge peut être continue (fig. 8).

Inversement, étant donné les durées alternatives de marche et de repos, et un excès maximum de 50° à ne pas dépasser, on peut déterminer la puissance maximum admissible. Pour une marche d'une demi-heure et des repos supérieurs à 1 heure 1/4, le moteur peut développer 17,5 chevaux.

Echauffement du moteur blindé (protégé contre la poussière et l'humidité par la fermeture des trous de ventilation, mais semblable en tout le reste au précédent).

1° *Charge continue.* — Les résultats sont différents, suivant que le moteur est employé à l'état stationnaire ou en mouvement dans l'air, comme dans les tramways.

Les essais ont été faits à l'état stationnaire et sont consignés dans la figure 9. La puissance maximum, correspondant à une élévation de température de 50° en marche continue, est 9,6 chevaux.

2° *Charge intermittente.* — La figure 10 montre que pour un temps de fonctionnement de 10 minutes, il faut, pour les différentes puissances, avec excès maximum de 50°, des repos de :

15 chevaux.	39 minutes.
12 »	12,5 »
11 »	9,5 »
10 »	3,5 »

En terminant, l'auteur indique les résultats d'essais d'un moteur de même type, pourvu de bagues au rotor, qui possède un meilleur couple de démarrage, un glissement plus faible et un meilleur rendement (fig. 11); ce moteur est d'ailleurs muni d'un dispositif permettant de court-circuiter les bagues avec un levier et de soulever ensuite les balais [1]. A. M.

---

[1] M. Aird Lindström fait observer (*Elektrotechnische Zeitschrift.* 10 avril 1902, p. 333) que dans les courbes représentatives du fonctionnement du moteur de 10 chevaux, à l'état ouvert, on relève pour la charge de 18,5 chevaux, (85 p. 100 de surcharge), un rendement de 80 p. 100 et un glissement de 20 p. 100, résultats absolument contradictoires, qui font craindre que tous ces essais ne soient entachés d'erreurs analogues.

M. E. Zieth, répond (*loc. cit.*) : Les courbes données sont parfaitement exactes, tant pour les glissements que pour les rendements et facteurs de puissance, tant que la puissance ne dépasse pas les valeurs correspondantes à un échauffement normal; pour le point particulier signalé par M. Lindström, il faut remarquer qu'il correspond à un échauffement formidable de 150° C. en marche continue, et que le rendement a été mesuré dès la mise en

TÉLÉGRAPHIE

Sur les ondes électriques et leur application à la télégraphie sans fil, par **Georg Seibt.** (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 313, 341, 365, 386 et 10, 17, 24 avril et 1er et 8 mai 1902.

Dans une série d'articles publiés récemment dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* [1], M. Georg Seibt, de Berlin, traite avec assez de détails la question de la production et de la propagation des ondes électriques le long des fils, en envisageant particulièrement les cas pratiques qui se présentent en télégraphie sans fils. Au début de son travail l'auteur pose d'ailleurs ainsi le problème à résoudre :

Etant donné un conducteur linéaire (rectiligne ou non) excité par une force électromotrice rapidement oscilante, soit inductivement, l'énergie lui venant de l'extérieur, soit directement par la jonction à une source d'électricité qui lui communique l'énergie par conduction métallique, déterminer la marche des tensions et des courants dans les différentes parties du conducteur, et les conditions dans lesquelles ces tensions et ces courants deviennent maxima.

La solution du problème contient évidemment la théorie des dispositifs de transmission et de réception en télégraphie sans fil. A l'appareil récepteur par exemple, le fil vertical ou antenne est le résonateur excité inductivement; les fils dans lesquels la perturbation électrique se propage jusqu'au cohéreur forment les parties excitées par conduction, ou apport direct d'énergie.

La première partie du travail de M. Seibt n'est autre que le développement assez étendu d'une note déjà analysée dans cette revue [1], et dans laquelle l'auteur donnait une théorie intéressante de la bobine dite *multiplicatrice*, analogue au résonateur Oudin. Pour les développements mathématiques de sa théorie, M. Seibt ne part pas des équations de Maxwell qui conduiraient à des difficultés beaucoup trop grandes, même pour des cas simple; s il adopte la manière de voir de Kirchhoff qui ne reconnaît pour le calcul aucune différence fondamentale entre les conducteurs sous forme de bobines et les conducteurs rectilignes, et qui prend en considération la forme du conducteur et l'influence du milieu environnant par l'introduction des coefficients de la self-induction et de la capacité. Admettant également qu'on a affaire seulement à des perturbations périodiques purement harmoniques, M. Seibt a recours dans ses équations au mode de représentation très commode de Steinmetz, ou méthode des imaginaires; les calculs deviennent alors excessivement simples [1].

A. **Partie théorique.** — L'auteur établit de nouveau les équations fondamentales donnant en chaque point x la tension E et le courant I. Il arrive après quelques calculs simples qu'il est inutile de rapporter [2] aux expressions générales suivantes :

$$E = K_1 e^{vx} + K_2 e^{-vx}, \qquad (1)$$

$$I = \frac{v}{r + i\omega L}(K_1 e^{vx} - K_2 e^{-vx}) - \frac{\varepsilon}{r + i\omega L}; \qquad (2)$$

r et L désignent la résistance et la self-induction par unité de longueur, ε une force électromotrice qui peut être induite de l'extérieur ; les constantes K_1 et K_2 sont à déterminer dans chaque cas particulier d'après les conditions de

---

charge (pour fonctionnement intermittent), avant que le moteur ne soit échauffé, tandis que la mesure du glissement qui demande plus de temps n'a été faite que postérieurement, la résistance de l'induit s'étant notablement accrue par suite de l'échauffement dont les courbes montrent l'allure rapide à cette charge.

Jusqu'à la puissance de 15 chevaux, on peut avoir toute confiance dans les chiffres indiqués. A. M.

[1] *Écl. Élect.*, t. XXX, p. 126, du 25 janvier 1902.

[1] Pour se rendre compte de l'étendue et de la portée de la théorie, il est utile de partager le phénomène de la décharge en trois parties. D'abord, au moment où se produit l'étincelle primaire et dans le court espace de temps qui suit, le résonateur absorbe la plus grande quantité d'énergie qui sert à le porter en état de vibration et à couvrir les pertes qui en résultent. Ensuite, succède une période d'oscillations stationnaires, pendant laquelle la perturbation électrique atteint au résonateur ses plus grandes valeurs, et varie dans sa direction synchroniquement avec la perturbation à l'excitateur. Enfin, à partir du moment où l'étincelle primaire se rompt, l'énergie, encore accumulée dans le résonateur, cesse peu à peu de résonner en vibrations propres. Dans la télégraphie sans fil actuelle, il ne saurait être question que de la deuxième période ; plus elle durera longtemps, plus la transmission sera sûre et plus l'accord sera parfait. En prenant pour base du développement mathématique, comme le fait M. Seibt, un état contraint de vibrations harmoniques, on néglige donc la première et la troisième périodes et on ne s'occupe que de la seconde, de beaucoup la plus importante il est vrai ; il faut remarquer toutefois que cette période n'est elle-même envisagée que d'une façon approchée, mais suffisante pour la pratique.

[2] Voir *Écl. Élec.*, t. XXX, p. 126, 25 janvier 1902.

l'expérience et

$$v = \sqrt{(g + i\omega c)(r + i\omega L)},$$

où c et g représentent respectivement la capacité et l'ensemble des diverses pertes de courant par unité de longueur.

Les équations (1) et (2) forment la base de tous les développements qui suivent.

Avant de passer aux cas particuliers, l'auteur transforme d'abord ces équations de façon à les ramener à une forme réelle (termes exponentiels et sinusoïdaux); les expressions auxquelles il arrive sont pour la tension et l'intensité, des sommes de termes représentant chacun la marche d'un mouvement ondulatoire amorti le long du conducteur. Ces différentes ondes peuvent interférer entre elles et produire des ondes stationnaires, et, si l'on pose :

$$v = a + ib \text{ [2]}$$

[2] On déduit facilement :

$$a = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{(g^2 + \omega^2 c^2)(r^2 + \omega^2 L^2)} + gr - \omega^2 cL\right]}$$

$$b = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{(g^2 + \omega^2 c^2)(r^2 + \omega^2 L^2)} - gr + \omega^2 cL\right]}$$

l'état vibratoire résultant dépendra dans chaque cas, d'abord des conditions limites du cas étudié et ensuite des valeurs respectives de a et b que M. Seibt appelle *coefficients caractéristiques*. Ces coefficients sont déterminés par les propriétés physiques du conducteur et la période de la perturbation électrique.

I. Le résonateur [1] est excité par conduction ou apport direct d'énergie. — Le conducteur excité et siège de vibrations peut, à l'extrémité opposée à l'origine de la perturbation, ou bien se terminer librement (résonateur *ouvert*), ou bien, aboutir à une capacité quelconque; dans ce cas, l'intensité à l'extrémité n'est pas nulle, M. Seibt dit alors qu'il a affaire à un résonateur *fermé*.

a). *Résonateur ouvert à l'extrémité postérieure.* — En comptant les distances x dans le sens de l'énergie croissante, on a dans ce cas

$$I_{x=0} = 0\,;$$

les équations générales ont été établies dans une note précédente, et quelques cas particuliers traités.

Dans le cas limite des vibrations infiniment rapides, par exemple, la tension et l'intensité suivent rigoureusement la loi de vibration harmonique ; l'état vibratoire idéal une fois réalisé, continuerait indéfiniment sans perte d'énergie — avec seulement une transformation continuelle d'énergie de charge en énergie magnétique et réciproquement — même en détachant à un moment quelconque la source d'énergie.

Si les vibrations sont au contraire de fréquence très basse, la tension et le courant croissent continuellement à partir de l'extrémité libre, il n'y a pas formation d'ondes; l'amortissement très fort étouffe, pour ainsi dire, les ondes dans le germe.

En télégraphie sans fil, on se trouve naturellement entre ces deux cas limites ; la discussion dans chaque cas est facilitée par la représentation graphique des équations [1]. Ce sont les valeurs respectives de a et de b qui déterminent l'allure générale du phénomène, et on peut dire que la production des ondes stationnaires et la netteté des nœuds et des ventres sont favorisées par une petite valeur de a et au contraire une grande valeur de b. L'amortissement qui augmente avec a cause d'autre part un raccourcissement de la longueur d'onde et une diminution de la vitesse de propagation.

Pour réaliser les conditions favorables, l'emploi des bobines est tout indiqué, car avec elles les coefficients caractéristiques varient dans le sens voulu. L'expérience justifie d'ailleurs complètement les déductions théoriques, et on arrive avec des bobines convenablement enroulées, ayant une longueur de fil déterminée, à des états vibratoires d'intensité bien supérieure à celle qu'on obtiendrait avec des fils rectilignes.

b). *Résonateur fermé à l'extrémité postérieure.* — A l'extrémité postérieure ($x = 0$) l'intensité, au lieu d'être nulle, a une valeur

$$I_{x=0} = p + iq$$

[1] Le mot *résonateur* est employé ici dans un sens très général ; dans les cas étudiés par M. Seibt, relatifs à la télégraphie sans fil, ce terme désigne aussi bien les conducteurs de la station réceptrice que l'antenne du poste transmetteur.

[1] *Écl. Élect.*, t. XXX, p. 126 et suiv., 25 janvier 1902,

Les formules montrent que dans ce cas les nœuds et les ventres éprouvent un changement d'intensité; de plus leur position est déplacée, et le sens du déplacement dépend de la phase du courant à l'extrémité. Quelques cas spéciaux sont traités. Si par exemple, au point $x = 0$, le courant est en phase avec la tension, il peut y avoir en ce point un ventre ou un nœud suivant les valeurs relatives de L, c et r; si même $L = cr_2$ la tension est constante tout le long du conducteur.

Un autre cas intéressant est celui où l'extrémité du conducteur est reliée par un condensa-

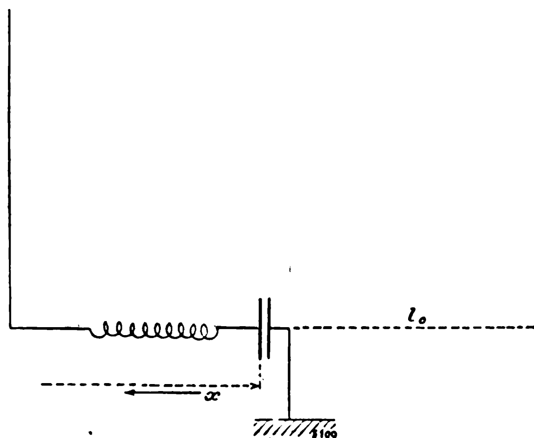


Fig. 1.

teur à la terre (fig. 1) ou à un autre conducteur équivalent qui vibre dans une phase décalée de 180°.

Dans le cas de la figure, le condensateur détermine une réflexion de l'onde incidente et un changement de position des nœuds et des ventres. Tout se passe comme si le conducteur était prolongé, dans la direction des x négatifs, d'une longueur de fil l_0 que les formules permettent de déterminer dans chaque cas. Pour des vibrations très rapides, cette longueur l_0 est égale à un quart de longueur d'onde, et au point $x = 0$ se trouve un nœud au lieu d'un ventre. Cette même circonstance se produit et devient fâcheuse en télégraphie sans fil si l'on admet que le tube répond à la tension et est doué d'une capacité considérable.

Il en résulte qu'on a intérêt pour augmenter la sensibilité du tube à diminuer le plus possible sa capacité; de plus, des tubes qui se montrent très sensibles pour des oscillations lentes peuvent très bien se comporter tout différemment pour des oscillations rapides; la sensibilité d'un tube varie avec la longueur des ondes qui lui sont transmises.

c). *Oscillations libres*. — Dans les cas précédents, il était question de vibrations *forcées*; à un endroit du conducteur se trouvait imprimée une tension de fréquence invariable, maintenue par une source particulière. L'auteur étudie ensuite les vibrations libres qui se produisent dans un conducteur détaché de la source et abandonné à lui-même, vibrations compatibles avec les conditions limites aux deux extrémités.

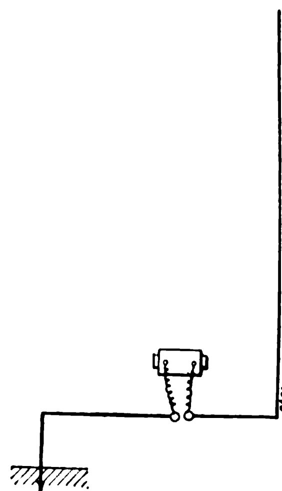
La fréquence de ces vibrations propres peut être calculée très facilement si l'on néglige l'amortissement et si l'on admet *a priori* des oscillations sinusoïdales.

Cas particuliers (¹). — 1° Conducteur droit ou bobines libres aux deux extrémités. — Pour le conducteur droit, on trouve

$$\lambda = \frac{l}{2n},$$

où n est un nombre entier quelconque.

Le vibrateur considéré est le siège d'un grand


Fig. 2.

nombre d'harmoniques, dont la longueur d'onde est en rapport simple avec la longueur du fil.

Le résultat n'est plus aussi simple si le conducteur est enroulé sous forme de bobines.

2° Ancien transmetteur Marconi (fig. 2). — C'est un fil vertical mis à la terre qui n'est

(¹) Nous donnons simplement les principaux résultats sans développer les calculs.

interrompu que par l'étincelle. On trouve :

$$\lambda = \frac{4l}{m}$$

où m est un nombre *impair*.

Un transmetteur à la terre se comporte exactement comme un transmetteur non à la terre de longueur double. « On peut par conséquent considérer la terre comme l'image optique de la partie placée au-dessus » (Slaby).

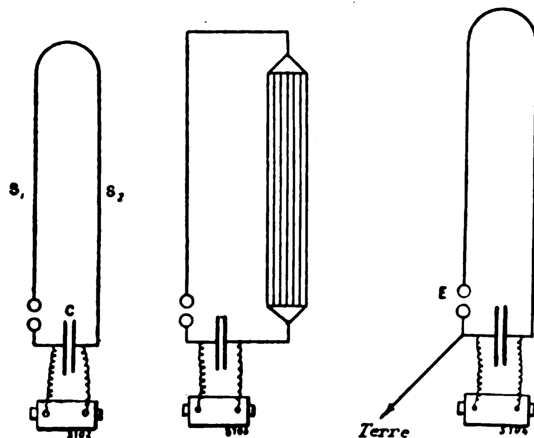


Fig. 3 à 5.

3° Une des formes du transmetteur Slaby-Arco (fig. 3). — Condensateur en série avec une self-induction. — On trouve pour les longueurs d'onde de la vibration fondamentale et des harmoniques :

$$\lambda = l, \frac{l}{2}, \frac{l}{3} \ldots$$

Au condensateur, il y a toujours un nœud de la tension.

Dans le transmetteur représenté par la figure 3 la symétrie des deux branches produit un très mauvais effet ; et, à quelque distance, l'action de la branche montante (en considérant aussi bien la vibration fondamentale que les harmoniques) est anulé ou à peu près par celle de la branche descendante. Aussi, MM. Slaby et Arco furent amenés très rapidement à modifier ce montage de façon à le rendre dissymétrique ; il en résulta la disposition de la figure 4 où le fil descendant est remplacé par une cage formée de plusieurs fils parallèles.

Mais une disposition beaucoup plus efficace encore consiste dans la mise à la terre d'une des armatures du condenseur (fig. 5).

La vibration fondamentale n'est pas changée par la mise à la terre. Aux harmoniques trouvées précédemment de longueurs

$$\lambda = l, \quad \frac{l}{2}, \quad \frac{l}{3} \ldots$$

se joignent une série de nouvelles harmoniques de longueurs

$$\lambda = 2l, \frac{2}{3}l, \frac{2}{5}l \ldots$$

Les deux groupes se différencient d'une façon essentielle en ce que l'ancien groupe forme un ventre au sommet du transmetteur, tandis que les harmoniques du nouveau groupe y forment un nœud.

La figure 6 donne la marche du courant pour la première harmonique de l'ancien groupe

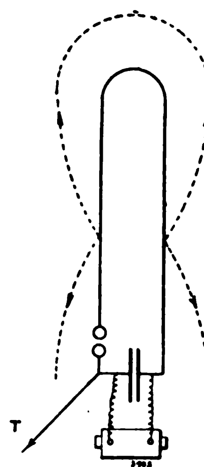


Fig. 6.

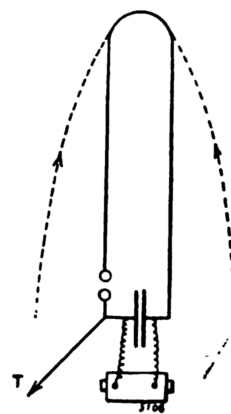


Fig. 7.

($\lambda = l$) et la figure 7 celle de la première harmonique du nouveau groupe ($\lambda = 2l$). On voit que, dans le premier cas, l'action de la branche descendante est anullée par celle de la branche montante ; au contraire dans le dernier cas les actions s'ajoutent [1].

4° Une des formes du transmetteur de Braun (fig. 8). — Circuit comprenant un condensateur

[1] La comparaison des deux cas précédents (transmetteur Slaby modifié, et ancien transmetteur Marconi) montre que le transmetteur Slaby, en ce qui concerne son mode d'action à distance, peut être considéré comme le montage en parallèle de deux transmetteurs Marconi. Dans les deux cas, les ondes forment pour le courant un nœud au sommet de l'antenne, et un ventre à la mise à la terre.

en série avec une self-induction, et fil transmetteur attaché latéralement à ce circuit.

Dans le circuit fermé ESPE se forme une vibration fondamentale qui est légèrement influencée par la présence de l'antenne G. Le calcul montre que cette antenne peut être considérée, pour la détermination de la période du circuit vibratoire, comme une capacité additionnelle, et de plus qu'il se développe de nombreuses harmoniques.

Si c_1 et L_1 représentent la capacité et la self-induction de l'antenne G, l'influence de celle-ci se fait d'autant plus sentir que $\sqrt{\frac{c_1}{L_1}}$ est plus grand.

Un cas particulièrement intéressant est celui où les constantes électriques des différentes

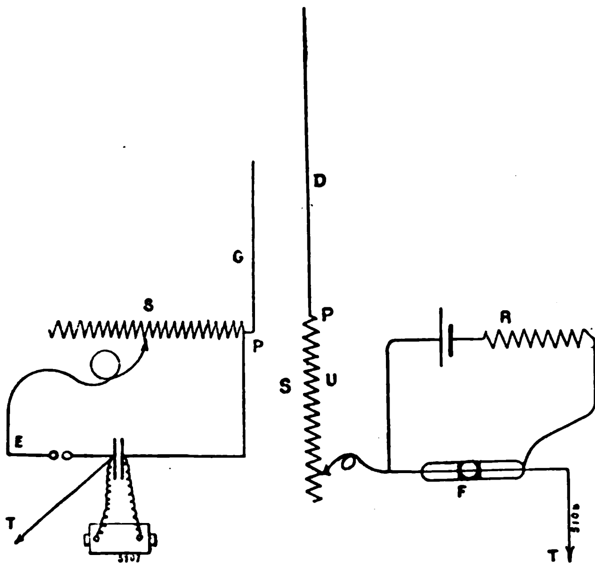


Fig. 8 et 9.

parties du circuit sont telles que l'antenne est en résonance avec le reste du circuit. Ce n'est d'ailleurs qu'un cas limite, il ne peut y avoir qu'une tendance à la résonance et le calcul montre qu'on se rapproche d'autant plus de cette limite que $\sqrt{\frac{c_1}{L_1}}$ est plus petite que la capacité du condensateur est plus grande et la self-induction de la bobine S cinq fois plus petite.

En télégraphie sans fil on doit chercher à se rapprocher le plus possible de ce cas limite, et cela de façon que l'antenne vibre à peu près en quart d'onde.

5° Vibration propre de la disposition réceptrice de télégraphie sans fil. — Pour le calcul, l'auteur admet avec M. Kiebitz que le tube agit comme un pont conducteur et qu'il y a au point U (fig. 9) le potentiel de la terre. La disposition présente est un cas particulier de la précédente et le calcul n'a d'intérêt que si l'on a des données exactes sur les constantes électriques des différentes parties du circuit.

6° L'auteur envisage enfin le cas de *circuits complexes et non homogènes* (fig. 10). Il se produit alors un très grand nombre de vibrations

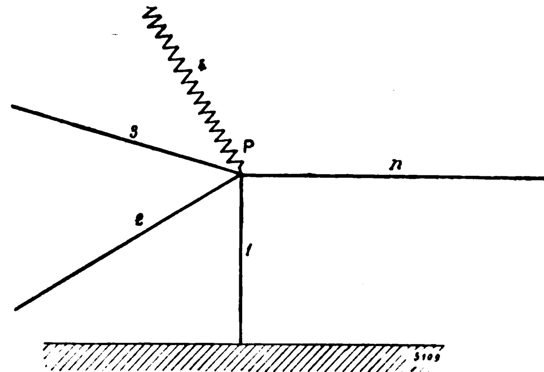


Fig. 10.

en général inharmoniques. C'est ce que M. Kiebitz a trouvé expérimentalement pour l'excitation de Hertz, à boules ou à plaques, on pourrait en effet imaginer le chemin du courant, dans les boules ou les plaques, décomposé en un grand nombre de fils particulaires analogues à ceux de la figure 10 dans laquelle la terre serait remplacée par l'étincelle.

II. Résonateur excité par induction. — En général, il se produit dans les deux systèmes accouplés, inducteur et induit, deux sortes de vibrations indépendantes l'une de l'autre, de périodes différentes et d'amortissements différents, et cela, même quand les vibrations propres des deux systèmes envisagés chacun isolément, sont d'accord l'un avec l'autre [1].

L'auteur insiste toutefois sur ce point que, dans le cas du résonateur excité par induction, les deux vibrations en question compatibles avec la nature du système, *peuvent*, mais *ne*

(1) Exemple : *Transformateur Tesla* (fig. *a*).

Supposons remplacée toute la capacité de la bobine secondaire par un condensateur C_2. Soient i_1 i_2 les intensités dans les deux circuits, C_1 C_2 leurs capacités, L_1 L_2 les self-inductions et V_1 V_2 les différences de potentiel

doivent pas nécessairement se produire simultanément. Leur existence dans chacun des deux circuits dépend du mode d'excitation. Ainsi, le récepteur qui, primitivement, a une énergie nulle, vibre aussi longtemps que durent les vibrations du transmetteur, *seulement en vibrations forcées* et peut, au contraire, à partir du moment où cesse le rayonnement incident, envoyer des ondes de sa période propre [1].

L'auteur applique également la théorie au cas où l'antenne réceptrice employée en télégraphie sans fil, libre à une extrémité, est mise à la terre à l'autre. Il étudie l'état de contrainte auquel le résonateur est soumis, quand sa période propre n'est pas d'accord avec celle de la force excitante. Il montre qu'il n'est nullement opportun de choisir le fil récepteur plus long que le 1/4 de la longueur d'onde reçue, et que, pour augmenter la distance de transmission, l'augmentation de la longueur d'antenne réceptrice est

---

aux armatures des condensateurs. Soit M le coefficient d'induction mutuelle.

On a alors, en négligeant les pertes, les relations suivantes :

$$V_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} = 0$$
$$V_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} = 0$$
$$I_1 = C_1 \frac{dV_1}{dt}$$
$$I_2 = C_2 \frac{dV_2}{dt}.$$

Comme on a négligé les pertes, on peut admettre qu'il

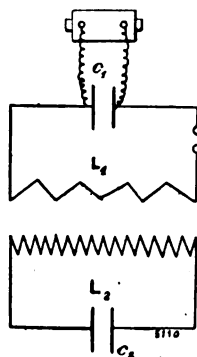


Fig. *a*.

se produit des vibrations harmoniques non amorties, et porter les équations ci-dessus à la forme symbolique suivante :

$$E_1 + i\omega L_1 I_1 + i\omega M I_2 = 0$$
$$E_2 + i\omega L_2 I_2 + i\omega M I_1 = 0$$
$$I_1 = i\omega C_1 E_1$$
$$I_2 = i\omega C_2 E_2.$$

On en déduit :

$$I_1 \left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}\right) + \omega M I_2 = 0$$
$$I_2 \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right) + \omega M I_1 = 0.$$

et finalement on arrive à l'équation :

$$\omega^4 - \omega^2 \frac{C_1 L_1 + C_2 L_2}{C_1 C_2 (L_1 L_2 - M^2)} + \frac{1}{C_1 C_2 (L_1 L_2 - M^2)} = 0$$

ou

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{2C_1C_2(L_1L_2 - M^2)} \left[C_1L_1 + C_2L_2 \mp \sqrt{(C_1L_1 - C_2L_2)^2 + 4C_1C_2M^2} \right]}$$

Il se produit donc, *ou il peut se produire*, deux vibrations qui se superposent : elles sont indépendantes l'une de l'autre, de périodes différentes, et cela, même si les vibrations propres des deux systèmes non accouplés sont d'accord. La condition pour que les deux vibrations se confondent est au contraire :

$$(C_1L_1 - C_2L_2)^2 + 4 C_1C_2M^2 = 0$$

Dans le cas particulier où l'accouplement magnétique des deux bobines est parfait (toutes les lignes de force de l'une passant dans l'autre) on a

$$L_1L_2 = M^2$$

et alors on obtient une seule vibration de période

$$T = 2\pi\sqrt{C_1L_1 + C_2L_2},$$

elle représente une valeur moyenne des oscillations propres des deux systèmes.

On vérifie également dans ce cas, si n_1 et n_2 sont les nombres de spires des deux bobines, qu'on a toujours, quelle que soit la fréquence des vibrations.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Le rapport des tensions au primaire et au secondaire est alors le même que dans les transformateurs usuels, avec les fréquences industrielles.

Au contraire, dans le cas où l'accouplement des deux circuits est très relâché, où M est très petit, on trouve qu'en général chaque circuit vibre presque dans sa vibration propre et dans la vibration forcée de l'autre circuit. C'est le cas particulièrement intéressant de la télégraphie sans fil, quand on envisage les phénomènes qui se passent entre les fils transmetteur et récepteur.

[1] Des vibrations très fortement amorties dans le temps, comme on les produirait par exemple avec l'ancien transmetteur Marconi, agissent presque comme un choc unique et excitent toujours la vibration propre du récepteur. Elles ne donnent qu'un accord imparfait et ne peuvent servir à la télégraphie à grande distance.

inefficace, tant qu'on n'agit pas d'une façon correspondante sur la vibration primaire.

B. **Partie expérimentale.** — M. Seibt a cherché à vérifier expérimentalement les considérations théoriques précédentes sur des bobines qui permettent d'obtenir des effets beaucoup plus puissants que les fils tendus rectilignement, et qui, en même temps, d'après ses déductions, conviennent beaucoup mieux pour la production des ondes stationnaires. Les belles expériences de démonstration de Tesla, avec ses transformateurs, confirmaient déjà en partie les vues de l'auteur ; mais, comme on pouvait encore objecter que dans ce cas le rapport de transformation jouait le rôle capital, M. Seibt chercha et réussit à répéter les brillants effets lumineux de Tesla avec la disposition bien connue du résonateur Oudin ; il montrait par là même que dans le cas du transformateur Tesla, c'est l'accord des deux bobines qui joue le rôle prépondérant, le rapport d'enroulement n'étant que d'importance secondaire.

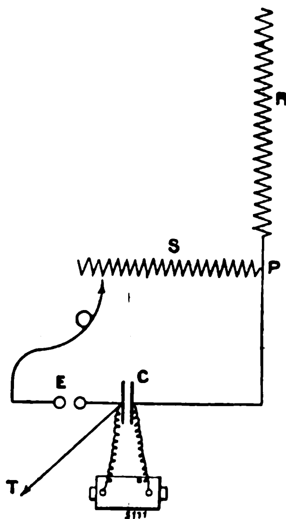
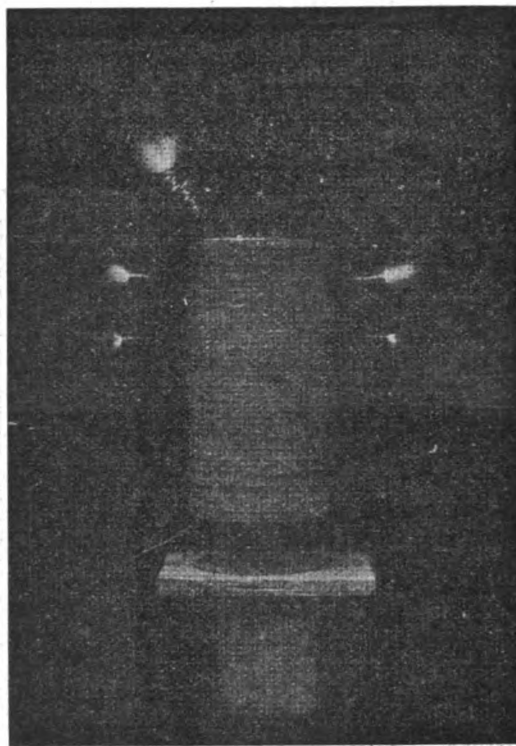


Fig. 11.

Les expériences sur la résonance des bobines sont faites avec le dispositif de la figure 11. Si l'on choisit convenablement la capacité C et la self-induction S du circuit excitateur, la bobine de résonance R entre en vibrations très énergiques, l'extrémité supérieure s'illumine d'une façon intense, et l'espace environnant est le siège de très forts ébranlements électromagnétiques.

En fait, toutes les expériences de Tesla peuvent se répéter ; la bobine accordée (maximum d'effet) vibre à peu près en 1/4 d'onde ; on peut s'en rendre compte facilement en tirant des étincelles tout le long de la bobine, avec un objet métallique. Le phénomène est d'ailleurs fixé dans la photographie reproduite en figure 12. La marche de la tension est rendue visible par le rayonnement de fils de cuivre minces, collés avec de la cire sur l'isolant de la bobine, à intervalles réguliers (1).

En dehors des expériences de Tesla, répétées avec la bobine de résonance, l'auteur décrit encore un certain nombre d'expériences de cours, faciles à installer, et rendant bien compte de ces propriétés des bobines (2).


Fig. 12.

(1) On peut remarquer que le point le plus sombre, c'est-à-dire le nœud de la tension, n'est pas le point de jonction de la bobine avec le circuit vibratoire, mais se trouve un peu au-dessus. Cet écart du nœud est d'autant plus sensible que la bobine est plus grande et la capacité C plus petite. La théorie rend compte de cet effet.

(2) On peut, par exemple, prendre une petite bobine, le secondaire d'un petit transformateur de Tesla, isolé à l'air, et l'accorder sur un quart de longueur d'onde, de façon qu'elle luise visiblement à l'extrémité supérieure ; on peut alors la désaccorder immédiatement en en approchant la main ou une feuille d'étain. En écartant ensuite le contact glissant de quelques spires (fig. 11), de façon que la self-induction S augmente, l'état primitif est rétabli. Si au contraire la self-induction est, *a priori*, mise un peu trop grande, l'approche de la main provoque l'illumination. Si on approche et si on éloigne alternativement, des jets lumineux jaillissent et se retirent alter-

Diverses expériences furent faites également pour déterminer la nature et la grandeur de l'amortissement des ondes dans les bobines ; il serait bon, toutefois, de les poursuivre pour élucider la question.

Pour terminer, l'auteur donne quelques renseignements sur la construction et les constantes électriques des bobines employées. En particulier, il s'est servi d'une bobine de résonance de 1,92 m de long. Elle était formée de fil de cuivre de 0,3 mm isolé à la soie, enroulé sur un cylindre de bois de 37 mm de diamètre, l'enroulement comportant 130 spires sur une longueur de 5 cm. De 2 cm en 2 cm, était collé à la cire un fil mince de cuivre nu, destiné à faire voir l'intensité du rayonnement électrique.

Les figures 13 à 16 représentent les photographies de la bobine dans divers états de vibration.

La figure 13 montre cette bobine accordée

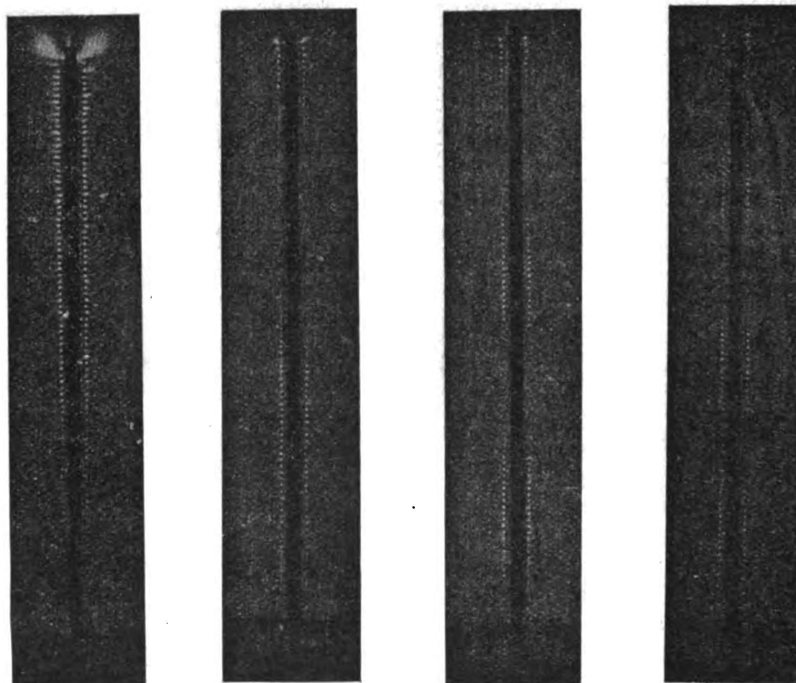


Fig. 13 à 16.

sur 1/4 d'onde ; le ventre de tension à l'extrémité est plus fort que dans tous les autres cas. On pouvait, à l'extrémité, tirer des étincelles de 50 cm de longueur ; à l'origine, l'étincelle n'était que de 32 mm.

La figure 14 montre la bobine accordée sur 3/4 d'onde ; les ventres de tension sont plus faibles qu'en figure 13, comme il fallait s'y attendre d'après les considérations théoriques.

Les figures 15 et 16 représentent l'accord de la bobine, respectivement en 5/4 et 7/4 d'onde [1].

On doit enfin remarquer que pour répéter toutes ces expériences, il n'est nullement nécessaire d'avoir à sa disposition les puissants moyens dont disposait l'auteur. Une bobine de 20 à 30 cm d'étincelle suffit parfaitement pour obtenir dans une salle convenablement assombrie, des effets lumineux visibles de tous les points de la salle.

---

nativement comme le jet d'une fontaine dont on ouvre et on ferme successivement le robinet.

Naturellement, toutes ces expériences, faites avec le résonateur Oudin peuvent se répéter également avec le transformateur Tesla.

[1] Pendant le passage d'un état de résonance à un autre, l'illumination cessait chaque fois presque complètement ; mais, à l'extrémité libre, on pouvait toujours observer un ventre de tension.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXII. Samedi 20 septembre 1902. 9e Année. — N° 38.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

CONTRIBUTION A L'HISTOIRE DE L'ÉLECTROTECHNIQUE

INSTALLATION D'ECLAIRAGE DE TIVOLI [1]

Dans la dernière réunion d'octobre des membres de l'Association Electrotechnique italienne, on fit une excursion à Tivoli pour y visiter l'usine de la Société Anglo-Romaine qui transporte à Rome, avec une puissance d'environ 10 000 chevaux, l'énergie électrique destinée à l'éclairage et à la force motrice.

Auprès de cette usine, vraiment grandiose, s'élève une très modeste installation pour l'éclairage public et privé de la ville de Tivoli. C'est surtout elle qui eut les honneurs de la visite des congressiste parce qu'elle est dans l'histoire de la science, comme la pierre milliaire sur la route glorieuse des applications électriques. Cet édicule fut aménagé grâce à l'initiative de la Société des forces hydrauliques, en 1886, par Lucien Gaulard qui faisait à Tivoli la première application pratique de son système de distribution de l'énergie électrique au moyen de transformateurs en série, système dont il fut l'apôtre ardent et malheureux.

La distribution électrique de l'énergie avec les transformateurs en série ne put avoir des applications ultérieures : mais avant que le temps n'achève de faire perdre tout son prix à cette unique et primordiale application de l'électricité, nous avons cru intéressant d'en fixer le souvenir par la photogravure en reproduisant, sous ses divers aspects, le local qui vit les premiers balbutiements du système du transport économique de la force à distance.

L'usine montée par Gaulard n'existe déjà plus.

[1] Voir la description de l'installation de Tivoli dans le journal *La Lumière Électrique*.

Lorsqu'on dut agrandir, il y a un an, celle qui dessert la ville de Tivoli, la Société des forces hydraûliques fut obligée de transporter les vieilles machines montées par Gaulard dans un local plus vaste où elles se trouvent maintenant en service à côté de nouveaux alternateurs qui alimentent un réseau de transformateurs en dérivation pour l'éclairage privé. Avant que les anciens appareils fussent transférés l'on prit une photographie de la salle des machines telles qu'elles avaient été installées par Gaulard assisté de MM. Bellani, de l'ingénieur Magatti et du mécanicien Guiducci. C'est cette salle que représente la figure 1. On distingue un grand alternateur, une petite dynamo, un casier, voisin de la porte, qui supporte de petits transformateurs, une armoire renfermant une batterie d'élé-

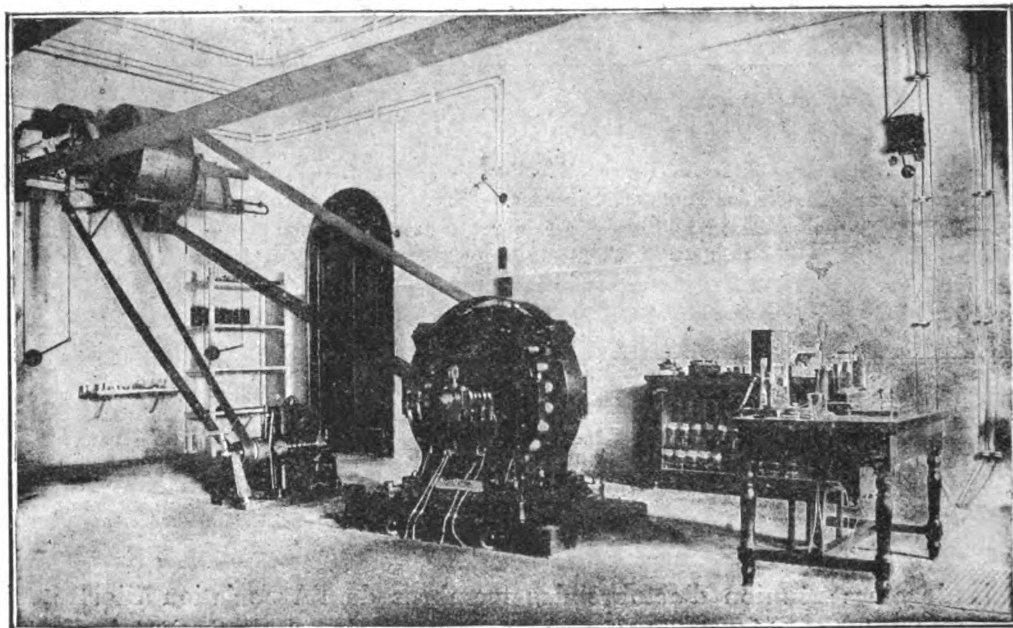


Fig. 1. — Salle des machines de l'ancienne usine de Tivoli.

ments de pile et dont la tablette supérieure servait pour les mesures d'isolement. Enfin et ce qui éveille surtout l'attention, on voit une petite table qui, chose étrange si l'on songe aux installations modernes, formait un tableau de distribution à haut potentiel, construit comme une table de télégraphie ou comme une table destinée à des essais de laboratoire. Le groupe des machines comprenait deux turbines Girard de la maison Escher Wyss de Zurich, de 80 chevaux chacune à arbre vertical. Ces turbines commandaient par engrenages un arbre horizontal actionnant les alternateurs et les excitatrices. Les deux alternateurs de la maison Siemens frères de Londres étaient du type connu à induit mobile. A la vitesse de 600 à 650 tours elles développaient un courant de 12 ampères à la tension de 2 000 à 2 500 volts.

Les excitatrices étaient deux petites dynamos Siemens à courant continu avec armature à tambour. Le tableau de distribution, monté ainsi qu'on l'a dit, comme une table d'expériences (forme aujourd'hui abandonnée) supportait : un rhéostat de champ de l'excitation ; un ampèremètre type Ayrton et Perry pour la mesure du courant du champ des alternateurs qui se trouvait augmenté ou diminué par le jeu d'un régulateur automatique à balancier grâce auquel un nombre plus ou moins grand de pointes métalliques plongeaient dans des auges

à mercure communiquant avec des résistances électriques; un électrodynamomètre de Siemens, à torsion, pour la mesure du courant alternatif; un voltmètre électrostatique de Thomson pour les mesures du potentiel qui variait de 2 000 à 2 500 volts; enfin, un petit transformateur qui alimentait une lampe témoin. Avec un peu d'attention on peut distinguer à droite de la figure 1, sur la table de distribution, tous ces appareils.

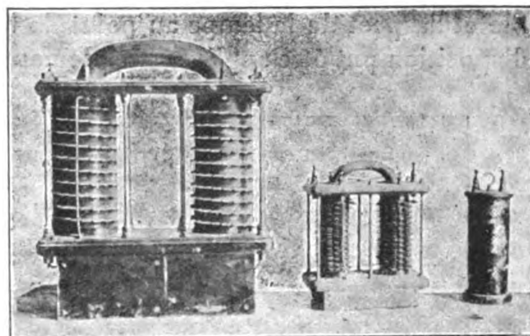


Fig. — 2. Divers types de transformateurs Gaulard.

Tout le matériel électrique précité, c'est-à-dire les alternateurs, les excitatrices, le tableau, a été comme nous l'avons rappelé plus haut, transporté dans un local plus vaste où il continue à fonctionner pour l'éclairage public de Tivoli, tandis que pour l'éclairage privé d'autres alternateurs agissent sur un système de transformateurs Ganz disposés en parallèle. Tandis que l'installation intérieure de l'usine était transférée ailleurs, les installations extérieures pour l'éclairage des immeubles disparaissaient : celles qui servaient à éclairer les voies publiques sont seules restées à peu près telles quelles, puisque les lampes municipales sont encore aujourd'hui alimentées en grande partie par le système de transformateurs en série qui furent montés par Gaulard de la façon que nous allons brièvement décrire.

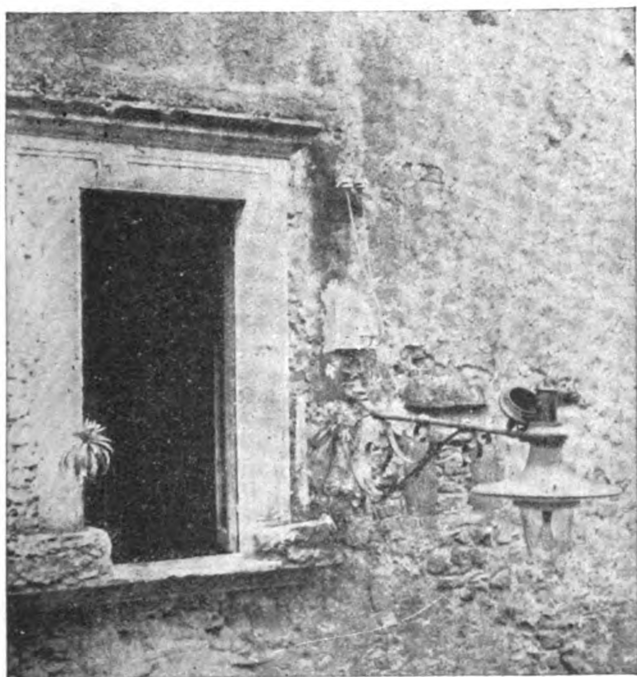
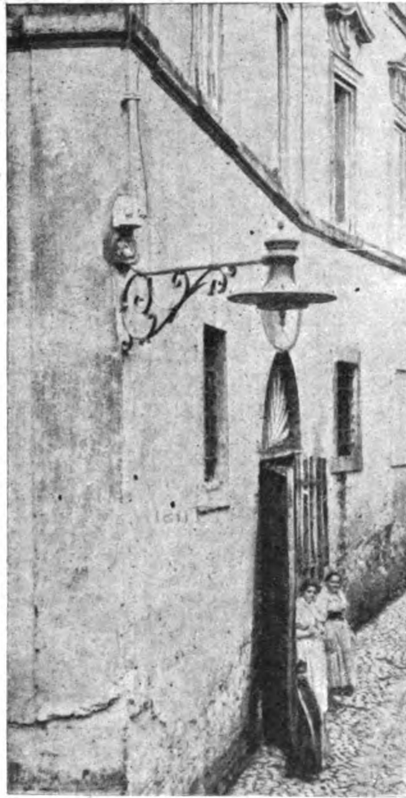


Fig. 3. — Lampe avec transformateur.

Le réseau pour l'éclairage des voies publiques fut établi à deux circuits indépendants : l'un des circuits alimentait les lampes qui sont allumées jusqu'à minuit; l'autre desservait celles qui brûlent jusqu'au matin. Le circuit de demi-nuit comprenait 115 transformateurs disposés en série; celui de la nuit complète en comprend encore 130. Il y avait donc un total d'environ 250 transformateurs de puissance variable selon l'usage auquel ils étaient destinés. Du circuit de demi-nuit on enleva, fin 1890, les transformateurs, et on mit en série toutes les lampes électriques à incandescence de ce circuit. D'abord on employa des lampes Bernestain; actuellement on use des lampes type Heisler de 10 ampères. Les types de transformateurs adoptés étaient au nombre de trois (fig. 2) : le plus petit dit « de 150 watts » avec un courant de 3 ampères et 50 volts au secondaire : le moyen, de 600 watts avec 6 ampères et 100 volts secondaires; enfin le grand, capable de fournir 36 ampères et 50 volts. L'installation primitive fut pour la plus grande part, composée de transformateurs petit modèle restés seuls en service; les autres servaient pour l'éclairage des immeubles environnants et on les a supprimés. Le mode

de montage de ces transformateurs pour l'éclairage public est simple comme on peut le voir sur la figure 3 : ils trouvèrent une place toute naturelle dans le chapeau même des lampes publiques. Quand le couvercle est rabattu (fig. 4) le transformateur cesse d'être visible et l'aspect de la lampe au point de vue de l'esthétique n'a rien de choquant. La même disposition put être appliquée également aux lampes de 50 bougies (3 ampères, 50 volts) à



ig.F .4 — Lampe avec transformateur.

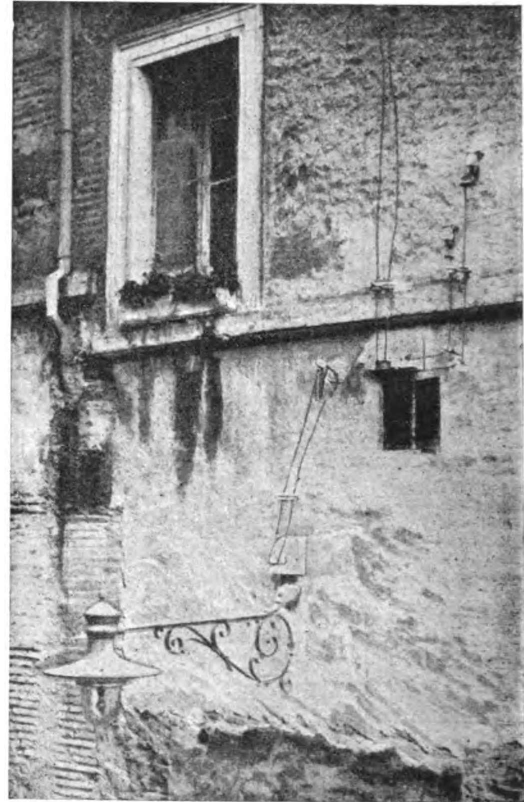


Fig. 5. — Transformateur alimentant deux lampes.

chacune desquelles correspondait un transformateur contenu dans le chapeau de la lampe ; mais pour l'alimentation des lampes de moindre intensité, de 20 bougies par exemple, on y pourvut en installant comme le montre la figure 5 un transformateur de 150 watts dans une niche pratiquée dans le mur et en dérivant de son secondaire deux circuits qui allaient se rattacher à deux lampes de 20 bougies.

Les lignes étaient en fil de cuivre chrômé, de 3,7 mm nu. Elles traversaient les rues et les toitures sans protection spéciale bien qu'ayant le potentiel élevé de 2 000 volts et même plus.

Sur les parois des maisons, avant d'arriver aux lempes, les conducteurs nus sont remplacés par des conducteurs recouverts, tenus à distance par des isolateurs en porcelaine. Ces conducteurs arrivent toujours à un petit auvent (fig. 4 et 5) et de là vont jusqu'à la lampe.

La visite faite à cette installation qui fait époque, ne suggère pas seulement des réflexions d'ordre idéaliste ; elle fait songer aussi à deux importantes questions électrotechniques dont la solution n'est encore qu'imparfaitement connue, car elle est fonction du

temps. On se demande quelle est la durée des mécanismes électriques ; on pense à l'application pratique des conducteurs découverts parcourus par des courants à haut potentiel.

Il y a seize ans maintenant que cette installation fonctionne et, sauf un cas ou deux où l'on dut changer la bobine d'un alternateur endommagée par la foudre, machines, tableau, ligne, consoles des lampes, tout fonctionne à souhait comme si cela avait été monté depuis quelques mois à peine. Ceci démontre que lorsqu'une installation est solidement faite, sa durée peut-être suffisamment longue. Cela prouve en outre que le plus dangereux ennemi des installations est la foudre à laquelle la science n'a pu encore assurer un libre chemin en évitant tout dommage. Enfin la crainte exagérée des conducteurs nus reçoit une éclatante réfutation basée sur la pratique, puisque dans cette période de seize années, aucun accident n'a été relevé. De l'ensemble de ces observations il n'est pas inutile de tirer cette conclusion que les résultats obtenus sont assez probants pour que les capitaux ne redoutent pas leur placement dans des entreprises bien menées, d'ordre électrique.

Cette ancienne installation que nous venons de décrire en est une preuve manifeste, et nous souhaitons qu'elle fonctionne longtemps encore. Mais si pour les besoins toujours croissants de Tivoli il fallait un jour faire disparaître la vieille usine, il serait bon, à notre avis, que l'on plaçât au point où elle existait, un souvenir, si modeste qu'il soit, *une plaque* rappelant à la postérité que l'apôtre des transformateurs, Lucien Gaulard, fit là même, l'application de son système de distribution d'où dérive celui qui a ouvert une ère nouvelle de progrès dans le champ des applications électriques.

Et nous croyons que Tivoli, gardienne jalouse des ruines des monuments antiques, verrait avec amour ce souvenir dressé sur le sol de la vieille usine, rustique et glorieux jalon de la route que la jeune science électrique parcourt avec une si foudroyante rapidité [1].

A. BANTI.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS [2]

SYSTÈMES AUTOGÉNÉRATEURS POUR VOITURES ISOLÉES

Tous les inventeurs qui ont essayé ou proposé des systèmes d'éclairage électrique d'un train entier par une dynamo recevant son mouvement de l'essieu ont énoncé la possibilité d'appliquer également leurs systèmes sur des voitures isolées, mais il ne s'agissait que de simples revendications de brevets; personne n'avait songé réellement à appliquer de tels systèmes; la construction des grosses dynamos n'était pas suffisamment avancée il y a une quinzaine d'années pour que l'on pût édifier de petites machines pouvant être abandonnées sous un véhicule, et les systèmes employés ou essayés, souvent avec insuccès, pour l'éclairage de trains entiers, étaient beaucoup trop compliqués pour être adaptés sur chaque

---

(1) L'idée d'élever en Italie, là où il appliqua son système de distribution, une plaque commémorative à la mémoire du français Lucien Gaulard dont la fin cruelle est encore présente à la mémoire de tous les électriciens de France, ne peut que rencontrer une entière approbation et il convient de remercier M. Banti de sa généreuse initiative. N. D. L. R.

(2) Voir *L'Éclairage Électrique* des 7 et 21 juin 1902, t. XXXI, p. 428.

voiture. C'est seulement lorsque la traction électrique amena la construction de dynamos robustes, c'est-à-dire passé 1890, que des recherches furent réellement entreprises dans cette voie de différents côtés.

En août 1893, j'ai soumis à une compagnie de chemins de fer un projet d'éclairage électrique autonome des voitures, comprenant une dynamo commandée par l'essieu et qui était mise en circuit par un électro-aimant lorsque la vitesse lui avait fait atteindre une force électromotrice suffisante pour charger une petite batterie d'accumulateurs. Un commutateur, commandé par solénoïde changeait les connexions de la dynamo avec les accumulateurs lorsque le train changeait de sens de marche. Enfin la force électromotrice de la dynamo était maintenue à peu près constante par un enroulement excitateur inverse intercalé en série dans le circuit de la dynamo [1]

Afin de faire disparaître les craintes auxquelles pouvait donner naissance le fonctionnement d'appareils purement électriques, j'ai présenté en 1894 un nouveau projet d'éclairage électrique autonome, ne comportant que des organes mécaniques comme appareils accessoires. Le commutateur d'enclenchement et de déclenchement de la dynamo était commandé directement par un régulateur centrifuge qui, par l'intermédiaire d'un levier à touches, faisait ensuite varier la résistance intercalée dans l'excitation de la dynamo, de manière à maintenir sensiblement constante la force électromotrice de la machine. Ces appareils n'offraient rien de particulier, mais ce qui était plus intéressant c'était le dispositif proposé pour maintenir constant le sens du courant et qui consistait à laisser le collecteur de la dynamo, à quatre pôles, libre de tourner de 90° sur son axe, les lamelles de ce collecteur étant reliées aux bobines de l'induit par des fils souples ou par un plateau à gorges. Je ne crois pas qu'un dispositif de ce genre ait été proposé antérieurement, car les dispositifs du London Brighton et du Great Northern, que j'ignorais d'ailleurs, s'ils sont analogues comme construction, ont des fonctions différentes. L'apparition de l'acétylène fit mettre de côté mes projets, qui n'ont jamais été publiés.

A peu près à la même époque, c'est-à-dire vers 1894, fut essayé en Amérique le système Lewis d'éclairage électrique par voitures indépendantes sur lequel il y eut peu de renseignements publiés. Le réglage de la dynamo était produit par une variation de la résistance d'excitation sous l'action d'un appareil à force centrifuge [2]. Je crois que Lewis a proposé également l'emploi d'une petite dynamo auxiliaire commandée par l'essieu et qui envoyait dans un contre-enroulement excitateur de la dynamo principale un courant démagnétisant d'autant plus fort que la vitesse croissait davantage. Je ne sais pas si ce système a reçu des applications fermes.

Système Stone. — Le système Stone, le premier qui ait reçu un développement important, date également de 1894 environ. Il fut d'abord expérimenté en Angleterre avant d'être présenté en France, où il fut essayé sur une voiture de l'Ouest en 1897.

Dans le système Stone, ainsi que dans tous les autres de la même classe, on retrouve les organes suivants : une ou deux batteries d'accumulateurs, une dynamo munie d'un système de régulation destiné à maintenir à peu près constante sa force électromotrice mal-

---

(1) J'ignorais que le même procédé de régulation avait déjà été appliqué ou proposé en Angleterre pour l'éclairage des trains entiers (Stroudley et Houghton, Great Northern) ; je n'avais fait d'ailleurs que m'inspirer d'un dispositif semblable connu et proposé pour la régulation des moteurs, mais peu usité parce qu'en raison de l'affaiblissement considérable du champ magnétique qui en résulte, il donne lieu à de fortes étincelles si la machine n'est pas calculée avec précision, et conduit à augmenter les dimensions de la dynamo.

(2) Voy. *L'Éclairage Électrique*, 17 août 1895, p. 316.

gré les variations de vitesse, un inverseur pour maintenir constant le sens du courant allant aux accumulateurs un et conjoncteur disjoncteur fermant ou ouvrant la communication de la dynamo avec les accumulateurs; cet appareil doit en même temps insérer ou retirer du circuit une petite résistance d'absorption destinée à contrebalancer l'augmentation de tension des accumulateurs pendant la charge et intercalée entre les accumulateurs et les lampes ou entre la dynamo et les accumulateurs.

Le système Stone est caractérisé par un mode de régulation tout à fait original. La force électromotrice de la dynamo est maintenue sensiblement constante parce que la vitesse de la machine reste sensiblement constante quoique la vitesse du train varie de 30 à 120 km à l'heure ; et ce résultat est obtenu automatiquement par simple glissement de la courroie de commande de la dynamo. Cette dynamo (fig. 10) est suspendue au châssis X du véhicule par une oreille latérale W_1 excentrée par rapport à l'axe de gravité JJ_1 de sorte que le poids de la dynamo produit sur la courroie Z une composante de tension telle qu'à la vitesse de 40 km : h elle provoque un effort d'adhérence égal au couple résistant de la dynamo; au fur et à mesure que la vitesse augmente, l'effort d'adhérence, toujours constant, devient de plus en plus insuffisant pour équilibrer le couple résistant plus élevé que tendrait à créer la dynamo et le glissement de la courroie augmente de plus en plus. On pourrait craindre que dans ces conditions la courroie ait une usure très rapide; la pratique a montré que cette crainte n'est pas fondée et que les courroies durent au moins un an [1].

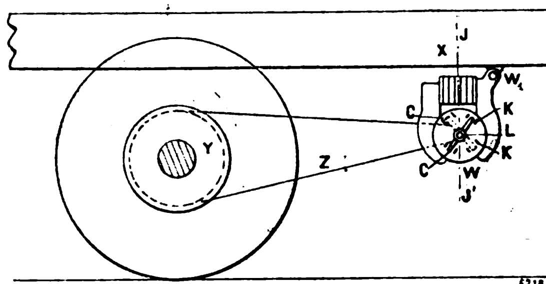


Fig. 10.—Suspension de la dynamo Stone.

Dans les appareils Stone tous les organes de conjonction et d'inversion ont un fonctionnement purement mécanique et se trouvent rassemblés dans le prolongement de l'induit de la dynamo, sous la cloche protectrice W_2 (fig. 11).

Le sens du courant produit par la dynamo varie avec le sens de la marche, mais les connexions de la dynamo avec les accumulateurs sont inversées en même temps. La commutation s'effectue sur le plateau B (fig. 11) monté sur l'arbre de la dynamo. Sur ce plateau sont fixées deux séries de pinces à ressort K, 1, 2, 3, 4, 5; K, 1', 2', 3', 4', 5' (fig. 12) dont les lames extérieures forment deux butées, entre lesquelles peut osciller d'un certain angle un peigne C à deux branches I, II, (fig. 12) solidaire d'un manchon L (fig. 11) monté fou sur l'arbre W (fig. 11). Suivant que celui ci tourne dans un sens ou dans l'autre, le manchon L est entraîné à droite ou à gauche jusqu'à ce que les bras I, II viennent buter

---

[1] La dynamo, du type bipolaire, a l'induit et tous ses appareils accessoires enfermés dans une enveloppe W_2 (fig. 11) en forme de cloche horizontale. L'huile qui sert au graissage de la dynamo s'écoule d'un réservoir par un conduit bouché au repos par une palette magnétique qui est attirée lorsque le champ magnétique est excité, de sorte que l'huile ne coule que lorsque la dynamo est en marche.

Il y a trois types d'équipements Stone. Le petit modèle type A, pour petites voitures, qui fonctionne à 16 volts, peut débiter 25 ampères et pèse 780 kg environ, accumulateurs compris. Le type B, qui est plus le employé et qui est appliqué sur les grandes voitures, fonctionne à 24 volts, peut débiter 35 ampères et pèse 1 400 kg environ. Enfin il existe un type encore plus gros, à 24 volts et 50 ampères, pour les voitures très grandes et très fortement éclairées.

La maison Stone emploie pour ses batteries des accumulateurs E.P.S. dont les plaques positives à nervures sont empâtées et fonctionnent partie en Faure et partie en Planté. Les éléments sont placés dans des bacs en bois doublé de plomb très hauts et un peu lourds mais résistant assez bien aux trépidations. En Allemagne les accumulateurs employés avec le système Stone sont d'un type spécial, genre Planté, construit par la Société Böse.

***

(fig. 12) soit contre 1, 2, 3 — 4, 5, soit contre 1', 2', 3' — 4', 5'; les connexions de ces pinces sont établies de telle sorte que dans les deux cas les accumulateurs sont toujours reliés aux mêmes pôles de la dynamo.

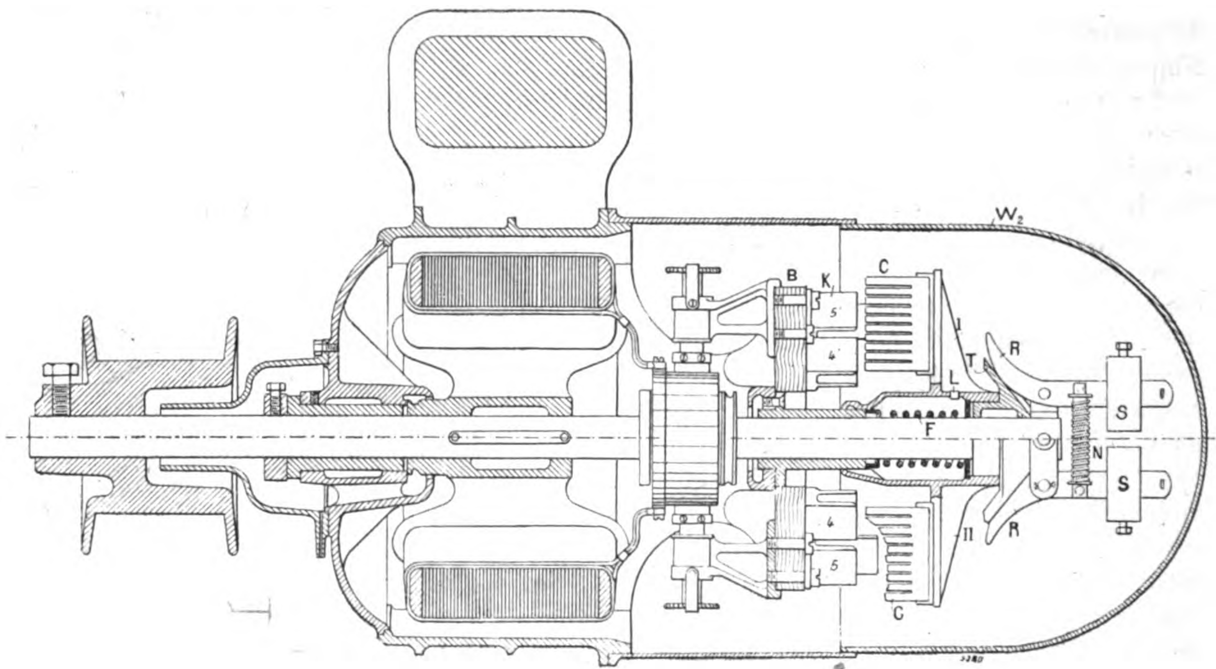


Fig. 11. — Coupe transversale d'une dynamo Stone.

La conjonction et la disjonction s'effectuent aussi mécaniquement sous l'action de la force centrifuge. A cet effet, sur l'arbre W de la dynamo (fig. 11), est claveté un manchon sur lequel sont montés deux bras R portant deux masses pesantes S maintenues serrées par un ressort en tore N; les bras R se terminent par deux mâchoires appliquées sur un cône T solidaire de la douille

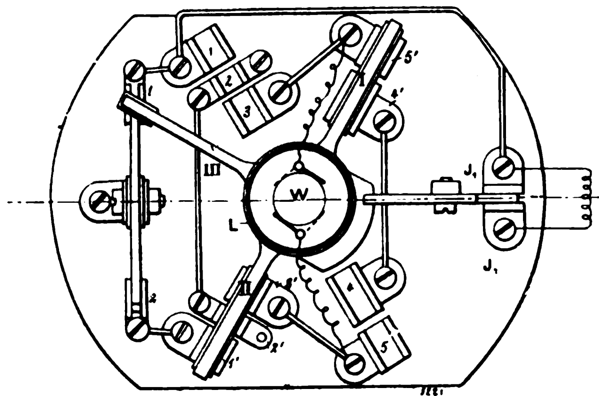


Fig. 12. — Vue en bout du plateau à connexions de la dynamo Stone.

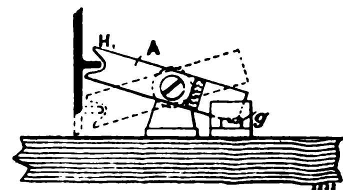


Fig. 13. — Vue en plan du commutateur de la résistance d'absorption.

L, maintenue éloignée du plateau B par un ressort à boudin F, Au fur et à mesure que la vitesse augmente, les poids S s'écartent malgré l'action de la bague N, appuient davantage sur le cône T et la douille L, solidaire, se trouve poussée, malgré l'action du ressortT, contre le plateau B; il en résulte que le peigne C I, II, fixé sur la douille L, qui

a déjà été dirigée dès la mise en route contre les branches externes des pinces K, 1, 2, 3, 4, 5 ou K, 1', 2', 3' — 4', 5', pénètre dans les lames de cette pince et établit d'une façon ferme la liaison de la dynamo avec les accumulateurs.

La mise en circuit de la résistance d'absorption est effectuée par un levier accessoire A (fig. 12 et 13) mobile sur une colonnette vissée sur le plateau B. Lorsque la douille L (fig. 11) est poussée vers la dynamo elle entraîne, par son bourrelet H (fig. 12 et 13), le levier E, dont l'extrémité E_2 qui était engagée entre deux pinces J_1 J_2 (fig. 12 et 13) met-

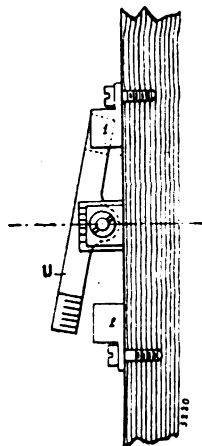


Fig. 14. — Vue de côté du permutateur de batteries.

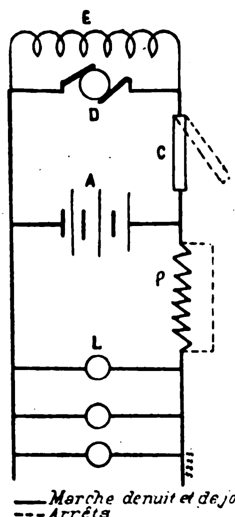


Fig. 15. — Schéma du sytème Stone à simple batterie.

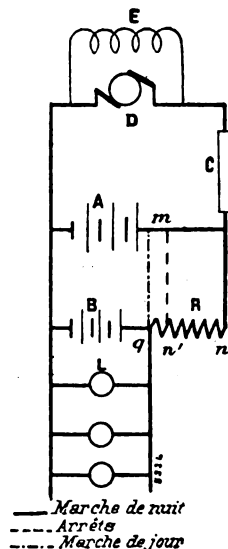


Fig. 16. — Schéma du système Stone à double batterie.

tait ainsi en court-circuit la résistance r (fig. 12) se trouve soulevée (fig. 12 et 13) et détruit le court-circuit. Les opérations inverses se produisent à l'arrêt.

Le système Stone a d'abord fonctionné avec une seule batterie. Lorsque le train était à l'arrêt, les lampes L (fig. 15) étaient alimentées directement par les accumulateurs A. A partir d'une certaine vitesse de marche, le conjoncteur C reliait directement la dynamo D avec la batterie A, mais intercalait une résistance d'absorption entre la batterie et les lampes, cette résistance étant ensuite mise en court-circuit à la disjonction (trait pointillé). La dynamo était réglée de façon à débiter en marche, non seulement le courant nécessaire aux lampes, mais encore un excédent destiné à la recharge des accumulateurs. En outre, pendant les parcours de jour, la dynamo fournissait tout son courant pour la charge des accumulateurs, la résistance ρ n'intervenait pas, puisqu'elle se trouvait mise hors circuit par l'extinction des lampes. Ce système a été essayé dans quelques compagnies anglaises en 1895 et 1896 et à l'Ouest français de février 1897 à mai 1898 sur une voiture de 1re classe à quatre compartiments. Ainsi que j'ai pu le constater sur cette voiture circulant entre Paris et le Havre, le système à simple batterie donnait lieu à des variations de lumière continuelles assez étendues, dont l'explication sera donnée plus loin.

La maison Stone qui s'était vite rendue compte des défauts du système à simple batterie, avait d'abord cherché à masquer ces défauts en faisant usage de lampes consommant 4 watts par bougie, par conséquent peu sensibles aux variations de potentiel; dès 1897 elle abandonna résolument le système à simple batterie et ne fit plus usage que d'un dispositif à

double batterie. Dans ce dispositif, représenté sur la figure 16, l'une des batterie A est reliée directement pendant la marche de nuit à la dynamo D, tandis que la seconde batterie B n'est reliée à la dynamo que par l'intermédiaire d'une résistance R calculée de façon à ce que cette batterie ne reçoive pas ou très peu de courant de charge et serve surtout de volant régulateur pour transmettre aux lampes L branchées sur ses bornes le courant envoyé par la dynamo D. Pendant les arrêts, le commutateur automatique monté sur l'arbre de la dynamo, en même temps qu'il ouvre le circuit de celle-ci, couple les deux batteries A et B en parallèle sur les lampes sans intercalation de résistance; plus exactement le point m est relié au point n' (trait pointillé) et une très faible fraction de la résistance R est laissée entre la batterie A et la batterie B, pour empêcher la batterie A toute fraîche chargée de provoquer une petite surélévation de tension en se déchargeant brusquement sur B; dans ces périodes d'arrêt, le courant continu est fourni entièrement et par parties plus ou moins égales par les deux batteries d'accumulateurs. Le commutateur général d'allumage et d'extinction des lampes est disposé de manière que, pendant la marche de jour, la résistance R soit mise complètement en court-circuit, c'est-à-dire reliée à q (trait ponctué) et que par suite les deux batteries A et B couplées en parallèle, soient reliées directement à la dynamo et mises toutes deux en pleine charge. La position relative des batteries A et B est intervertie automatiquement lorsque la marche du train change de sens par le basculement d'un levier U (fig. 12 et 14) en haut ou en bas duquel appuie un bras III solidaire (fig. 12) de la douille L qui commande les peignes.

Le système à double batterie comporte exactement les mêmes organes que celui à simple batterie; les connexions du commutateur général sont seulement légèrement modifiées. Au lieu d'employer une batterie donnant 7 à 9 heures d'éclairage, on en prend deux donnant chacune 4 à 5 heures; mais comme il y a un nombre double d'éléments plus petits, le poids et le prix total d'accumulateurs se trouvent augmentés sensiblement.

Le système Stone à double batterie donne une lumière beaucoup plus régulière que celui à simple batterie. Il n'y a pas de fluctuation appréciable pendant la période de marche: on remarque seulement une légère baisse subite de lumière au moment de l'arrêt et une hausse assez brusque peu de temps après le démarrage, au moment de la mise en circuit de la dynamo. La variation de tension correspondante est, en général, 24 à 27 volts; toutefois je sais que dans certains cas, le potentiel peut monter plus haut, à 30 volts et même davantage. J'ai appris que dans certaines compagnies on constatait au contraire de temps en temps un épuisement complet des accumulateurs qu'il fallait désulfater et recharger à poste fixe. La discussion de ces phénomènes sera donnée plus loin.

Le système Stone a l'avantage de ne comporter aucun organe accessoire électrique et seulement des organes mécaniques de construction robuste, dont les ratés sont presque impossibles et qui demandent peu d'entretien.

Dans son ensemble le fonctionnement du système Stone à double batterie est satisfaisant en pratique, la preuve en est dans le développement rapide qu'il a pris en Angleterre et en Belgique en quelques années [1].

---

[1] Introduit en 1897 il était déjà appliqué à la fin de 1898 (d'après une enquête faite sur place auprès des Compagnies de chemins de fer anglaises), sur 800 voitures. Il est monté à présent, d'après des publications récentes, sur près de 3 000 voitures du Royaume-Uni : la Compagnie du London Chatham à elle seule possède un millier de voitures équipées, le London et North Western 800 voitures, les Compagnies du London et South Western et du Great Northern sont à peu près les seules qui n'aient point d'appareils Stone.

Sur les chemins de fer de l'État belge, le système Stone a pris également un grand développement. D'après les renseignements qui me sont fournis par M. L. Hoest, ingénieur de cette administration, on a équipé, en 1899, 200 voitures de 2e classe, 6 voitures à bogies, 30 voitures de 1re classe et la berline royale; 141 nouvelles voitures

Système Vicarino. — Le système Vicarino dont les brevets datent d'avril 1898, est caractérisé par le mode de régulation de la force électromotrice de la dynamo. A l'aide d'un contre-enroulement excitateur série e (fig. 17), comme cela a été réalisé il y a une quinzaine d'années dans les systèmes anglais Stroudley et Houghton, (Great Northern), décrits précédemment.

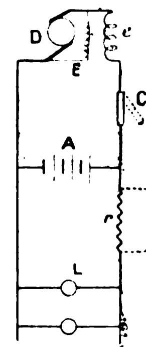


Fig. 17. — Schéma du système Vicacarino à simple batterie.

Le système Vicarino a d'abord fonctionné avec une seule batterie, comme le système Stone. Les premiers essais ont été entrepris en novembre 1898 sur une voiture de tramway de la Compagnie générale des Omnibus [1]. La dynamo, montée sous le châssis du véhicule était commandée par l'essieu à l'aide d'un jeu de galets de friction. Le conjoncteur disjoncteur était constitué par un solénoïde agissant sur un fléau de balance dont les bras plongeaient dans deux cuvettes à mercure. Le basculement de cet appareil mettait en circuit une résistance d'absorption intercalée dans le circuit des lampes. Les voitures de tramways marchant toujours dans le même sens, il n'y avait pas à prévoir d'inverseur. Après quelques mois, les essais furent abandonnés, parce que l'on constatait des épuisements fréquents des accumulateurs ; il est vrai que le système travaillait dans les conditions les plus défavorables que l'on puisse rencontrer : dans le parcours des tramways, les arrêts, les démarrages et les ralentissements représentent une durée beaucoup plus grande que la période de marche à pleine vitesse ; la dynamo n'est donc pas reliée suffisamment longtemps à la batterie pour que celle-ci puisse se recharger, surtout si l'on ne marche qu'avec une seule batterie ; d'ailleurs, avec un système auto-générateur quelconque, même à double batterie, il paraît difficile d'éclairer régulièrement des tramways.

La Compagnie générale électrique de Nancy, qui construit les appareils Vicarino, avait d'abord eu l'intention de se servir du solénoïde à balancier employé aux omnibus comme inverseur sur les voitures de chemin de fer, dans lesquelles il faut prévoir des changements de sens de marche, et de produire la conjonction disjonction à l'aide d'un autre appareil, Mais elle renonça à ce modèle d'inverseur à mercure, M. Vicarino ayant trouvé un moyen

---

de 2e classe viennent d'être mises en service ; il y a donc actuellement 377 voitures munies des appareils Stone et il y en aura prochainement 810, car on appliquera le même système sur 443 voitures en cours de construction. La Compagnie des wagons-lits, après avoir entrepris l'essai du système Stone à la fin de 1897 sur un wagon-restaurant circulant entre Paris et Dijon, l'a appliqué progressivement sur une grande partie de ses wagons-restaurants circulant dans tous les pays, y compris l'Egypte : 120 wagons sont actuellement munis de l'équipement Stone. La Compagnie française de l'Ouest a appliqué, depuis juillet 1900, le système Stone sur 14 voitures de 1re classe, dont 8 à couloir partiel consommant 72 bougies et munies de l'équipement type A à 16 volts, et 6 à bogies consommant 168 bougies et munies de l'équipement B à 24 volts. La Compagnie de P.-L.-M. a monté les appareils Stone sur une voiture à bogies, mais simplement à titre d'essai. Le système Stone n'a pas reçu d'autres applications en France, faute surtout d'un représentant construisant les appareils dans ce pays. Pour la même raison probablement on ne trouve qu'à un ou deux exemplaires des équipements Stone dans les autres parties du continent : au Gothard, aux chemins de fer italiens de la Méditerranée, sauf au Jura-Simplon où 26 voitures sont en cours de montage. En Allemagne, la Société Böse, qui a entrepris récemment la construction des appareils Stone, a équipé avec ce système quelques voitures de chemins de fer bavarois, badois, du Palatinat, de l'Alsace-Lorraine et des postes allemandes. Dans les chemins de fer prussiens proprement dits, où toutes les voitures sont appareillées pour l'éclairage au gaz, il n'y a qu'une seule voiture Stone à l'essai.

Le système Stone a été appliqué aux Etats-Unis sur un certain nombre de voitures par la maison Gould qui l'a légèrement modifié.

(1) Voy. *L'Éclairage Électrique* du 7 avril 1900, p. 13, dans lequel se trouvent les dessins représentant la commande de la dynamo par galet de friction adoptée dans les premiers essais effectués sur des voitures de chemins de fer.

mécanique beaucoup plus simple de maintenir constant le sens du courant de la dynamo. Ce procédé consiste à intervertir la position des deux balais, suivant le sens de rotation de la dynamo. A cet effet, les porte-balais sont fixés sur une couronne qui peut se déplacer de 180° sur un plateau vertical formant paroi latérale du bâti (on peut voir l'ensemble de ces pièces sur la droite de la figure 18 qui représente une dynamo Vicarina démontée); la mise en marche de l'induit provoque l'entraînement des balais et la rotation de la couronne dans un sens ou dans l'autre jusqu'à l'une ou l'autre des butées du plateau. Le dispositif mécanique fonctionne parfaitement.

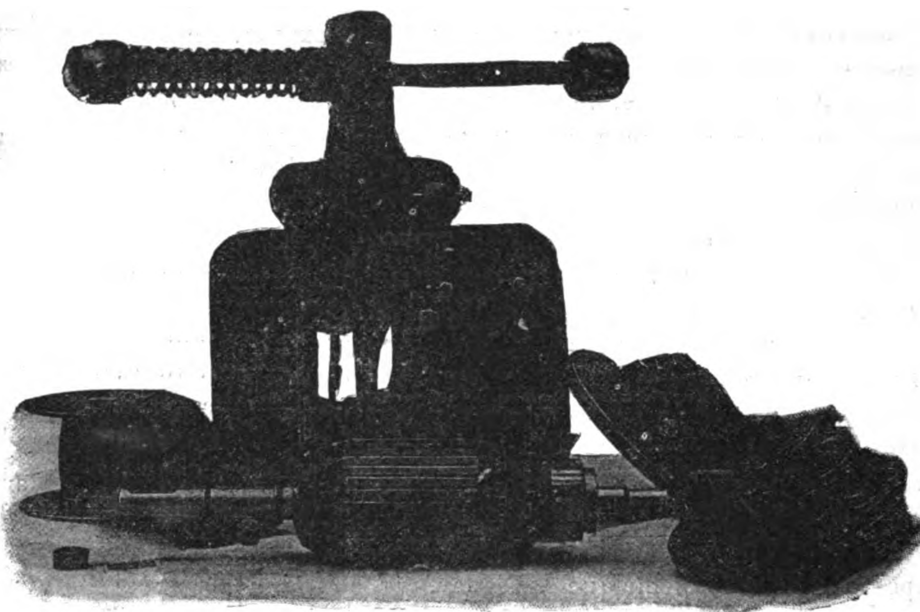


Fig. 18. — Dynamo Vicarino démontée.

Le conjoncteur disjoncteur employé dans les premières applications réalisées sur les trains fonctionnait avec des contacts à mercure mais sa construction était déjà beaucoup plus robuste que celle du conjoncteur disjoncteur à balancier. La figure 19 en donne la vue et la figure 20 la coupe. C'est un solénoïde dans lequel se déplace un cylindre en fer doux. Au repos la tige t' qui forme l'extrémité inférieure de ce cylindre plonge dans une cuvette fixe à mercure g' et met ainsi en court-circuit la résistance d'absorption (que l'on voit fixée sur la droite de la planchette à côté du solénoïde) et la partie supérieure du noyau qui est cordée et forme cuvette mobile à mercure g n'est pas en contact avec la tige fixe t reliée à la dynamo.

Lorsque la dynamo a atteint une force électromotrice suffisante, correspondant à une vitesse de 30 à 40 km : heure, le cylindre en fer doux étant attiré, la cuvette g est soulevée et vient établir le contact avec la tige t ce qui ferme le circuit de la dynamo ; en même temps, la tige t' sort de la cuvette g' et met en circuit la résistance d'absorption [1].

Des essais ont été entrepris avec ces appareils, au début de 1899, sur quelques voitures

[1] Dans un brevet Vicarino on voit la résistance d'absorption divisée en plusieurs sections aboutissant à des hauteurs différentes dans une cuvette à mercure, de façon à être mises progressivement en circuit ou hors circuit. Mais ce dispositif n'a jamais été appliqué parce qu'on a jugé difficile de s'en servir en pratique d'une manière efficace.

de l'Ouest, de l'Etat et du Midi et en 1900 de l'Est. Dans toutes ces Compagnies les dynamos ont d'abord été commandées par un galet en cuir recevant son mouvement, par friction, d'une poulie en fonte 3 fois plus grande calée sur un essieu. Le point de contact se trouvait sensiblement sur un plan horizontal et le galet était maintenu appliqué par un ressort fixé au bâti du véhicule et appuyant sur la dynamo mobile autour d'un tourillon, de façon à ce que celle-ci puisse suivre les déplacements verticaux du châssis de la voiture, par rapport à l'essieu. La commande par galet, qui avait été adoptée parce qu'elle paraissait plus simple que celle par courroie, a été abandonnée au bout d'un an environ de service ; elle donnait de bons résultats en été, mais pendant les périodes de neige et de gelée, on a constaté des manques d'entraînement complets dus à une couche de givre qui se formait sur le galet. L'expérience ayant montré que dans les mêmes conditions atmosphériques, le fonctionnement par courroie n'éprouvait aucune altération, la commande par galets a été remplacée progressivement par celle à courroie sur les voitures de l'Ouest, de l'Etat, de l'Orléans et de l'Est montées en 1900. La commande par courroie a été ensuite appliquée sur les autres équipements Vicarino installés à partir de 1901, c'est-à-dire sur les 40 voitures des chemins de fer belges du prince Henri, sur un certain nombre de voitures de la Compagnie de Madrid à Saragosse, sur 5 restaurants des Wagons-Lits circulant sur la même ligne, sur 2 bureaux-postes français, sur 10 voitures de l'Est, etc.

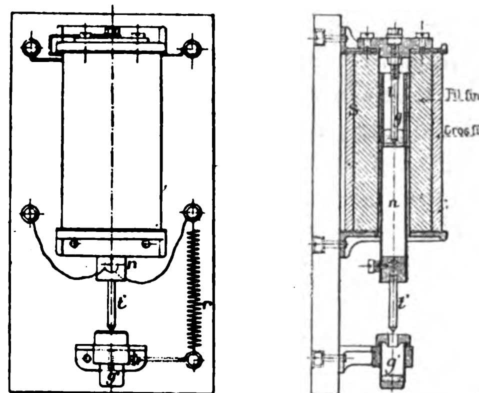


Fig. 19 et 20. — Vue de face et coupe transversale du conjoncteur-disjoncteur Vicarino, premier modèle à mercure.

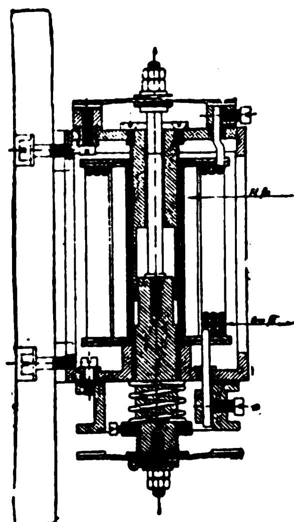


Fig. 21. — Conjoncteur-disjoncteur Vicarino à contacts métallique.

Comme il arrive pour toute fabrication nouvelle, diverses modifications de détail ont été apportées aux appareils primitifs; certains organes de la dynamo et notamment les portebalais et les paliers ont été renforcés; la lubrification à la graisse, qui permettait des grippements, a été remplacé par le graissage à l'huile. Le disjoncteur à mercure donnait lieu quelquefois à des ratés : lorsque le mercure était devenu sale et oxydé il se formait une étincelle et une liaison permanente entre la tige fixe et la cuvette supérieure du noyau qui restait aspirée et ne retombait pas au moment de l'arrêt. Ce manque de disjonction avait des conséquences très fâcheuses : la dynamo restant reliée aux accumulateurs, quoique se trouvant au repos, les accumulateurs se déchargeaient sur elle et se trouvaient immédiatement épuisés, ainsi que je l'ai relevé sur un diagramme de voltmètre enregistreur reproduit dans ce journal à propos de l'emploi des appareils enregistreurs sur le matériel roulant [1].

La Compagnie générale électrique a remplacé depuis un an tous ses disjoncteurs à mercure par des appareils à contact métallique. La figure 21 montre cet appareil, il fonctionne de la même manière que l'ancien, mais la position des contacts est intervertie; la mise en

[1] Voy. *L'Éclairage Électrique*, 18 janvier 1902, p. 87.

circuit de la dynamo se fait par le bas, par une palette légèrement flexible et solidaire du noyau, qui vient appuyer sur une platine fixe au moment de l'aspiration; au repos, la résistance d'absorption est mise en court-circuit par une traverse légèrement flexible, solidaire également du noyau et qui repose sur couronne fixe. Cet appareil est plus robuste que le premier et ne produit pas de collages, mais, dans certains cas, où il était exposé aux poussières, les lames plates horizontales donnaient de mauvais contacts. Pour y remédier, la Compagnie générale électrique constitue maintenant les contacts de plusieurs lames appuyant de champ sur des platines légèrement coniques, sur lesquelles la poussière se trouve chassée par la manœuvre même des balais. Il est certain que le conjoncteur disjoncteur électrique Vicarino, par son essence même, ne sera jamais aussi robuste que les appareils purement mécaniques de Stone. Mais grâce aux perfectionnements successifs qu'il a subis on peut le considérer maintenant comme présentant une sécurité de fonctionnement suffisante [1].

Toutes les voitures montées par la Compagnie générale électrique jusque dans ces derniers mois fonctionnent avec le système Vicarino à simple batterie. Ce sont 33 voitures de l'Etat français, 28 de l'Ouest, 3 de l'Orléans, 2 du Midi, 1 du P. L. M., 15 du chemin de fer de Madrid à Saragosse, 5 wagons-restaurants circulant sur la ligne précédente, 5 voitures russes et quelques autres. Les compartiments sont bien éclairés lorsque les roulements des voitures ne changent pas; on constate seulement que les lampes sont très brillantes en pleine marche et s'usent assez vite et qu'elles paraissent sombres à l'arrêt [2].

Depuis cette année M. Vicarino emploie *deux* batteries, montées exactement comme dans le système Stone, c'est-à-dire suivant le schéma de la figure 16 comportant en plus un contre-enroulement excitateur *e* comme dans la figure 17. La seule différence se trouve dans le mode d'interversion des batteries; leur position, au lieu de dépendre automatiquement du sens de la rotation de la dynamo, est changée par la manœuvre même du commutateur général de la voiture c'est-à-dire après chaque grande période d'éclairage. Le nouveau système Vicarino à double batterie comporte en outre un organe qui n'existe pas dans le Stone : le limiteur de tension. C'est un électro-aimant branché en dérivation sur les accumulateurs et dont l'attraction de la palette qui se produit lorsque la tension des éléments s'élève à 2,6 volt, a pour

(1) Le système Vicarino comporte quatre modèles de dynamos de grosseur différente : un type DV_0 très petit qui n'a pas encore été appliqué et a peu de chance de l'être je crois, pour voitures à compartiments séparés, ne consommant pas plus de 50 bougies ; un type DV_1 pour voitures à couloir ayant de 50 à 80 bougies ; un type DV_2 pour voitures à bogies de 80 à 150 bougies et enfin un type DV_3 employé sur un wagon-poste bavarois abondamment éclairé et prenant plus de 200 bougies. La Compagnie générale emploie, pour le système Vicarino, les accumulateurs du type Pollak avec plaques à crochets empâtées dont elle a entrepris la construction en France et qui sont assez légers. Dans le système à batterie unique, les accumulateurs Pollak employés représentent une capacité de 8 à 9 heures d'éclairage ; le poids total de l'équipement Vicarino DV_1 est de 700 kg environ et celui de DV_2 1 000 kg ; ces poids sont sensiblement moins élevés que ceux des équipements Stone correspondants, ce qui s'explique puisque ces derniers ont deux batteries représentant ensemble une capacité supérieure et que les accumulateurs sont d'un type plus lourd.

(2) Pour remédier à cet inconvénient, M. Vicarino, qui, au début recommandait de charger la batterie pendant la marche de jour a d'abord rendu cette charge impossible sur presque toutes les voitures, en faisant couper le circuit d'excitation par la manœuvre d'extinction de l'interrupteur principal du circuit des lampes. Il a ensuite cherché à empêcher l'élévation de tension aux bornes de la batterie et, par suite des lampes, à l'aide d'un solénoïde analogue au conjoncteur-disjoncteur qui, lorsque la tension aurait atteint par exemple 2,5 volts par élément, aurait introduit en série avec les accumulateurs une résistance ayant pour effet de réduire le courant total fourni par la dynamo à peu près au débit des lampes, de sorte que les accumulateurs ne reçoivent presque plus rien ; le solénoïde serait revenu au repos et aurait mis la résistance en court-circuit lorsque les accumulateurs après avoir débité pendant les arrêts, seraient retombés à 2,2 volts par élément. M. Vicarino abandonna cette idée après quelques essais de laboratoire qui lui montrèrent qu'il n'était pas possible d'obtenir des enclenchements et des déclenchements certains du solénoïde dans des limites précises aussi restreintes.

effet d'intercaler dans l'excitation shunt de la dynamo une résistance telle que son débit se trouve réduit des 2 tiers environ de sorte qu'il ne passe presque plus rien comme courant de charge dans la batterie A et que la tension aux bornes des accumulateurs se trouve réduite à 2,3 volts. Le limitateur de tension reste ensuite collé jusqu'au prochain arrêt lorsque la force électro-motrice de la dynamo tombe à zéro. Dans le système Vicarino à double batterie, comme dans le Stone, les 2 batteries reliées directement en parallèle avec la dynamo sont laissées en charge pendant les parcours de jour qui ne comportent pas d'éclairage. Les batteries ont chacune une capacité de 5 à 6 heures d'éclairage, ce qui augmente sensiblement le poids et le prix des équipements et les rapproche de ceux des équipements Stone. Le système Vicarino à double batterie a été monté sur 2 bureaux postes de la ligne du Havre où il fonctionne depuis trois mois, et vient d'être appliqué sur 10 voitures à intercirculation de l'Est et 8 bureaux postes français.

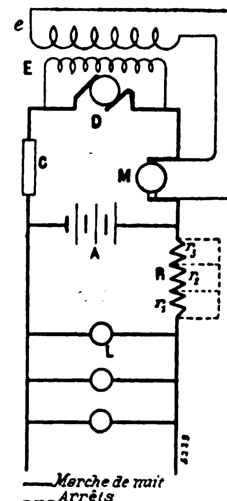


Fig. 22. — Schéma du système Aubert.

Système Auvert. — La Compagnie du P. L. M. a entrepris en février 1899, sur une voiture, l'essai d'un système imaginé par M. Auvert, ingénieur des services électriques de cette Compagnie. Après un an d'essai, ce système a été appliqué sur 56 voitures à bogies mises en service dans le cours de l'année 1900.

Sur la voiture à 3 essieux qui a servi aux essais la dynamo, suspendue au châssis, était commandée par un galet appliqué contre la face latérale interne du boudin d'une roue [1]. On n'avait pas employé pour cet essai la commande par courroie, parce que celle-ci, tout en restant dans le gabarit, n'aurait pas permis le passage de la voiture sur les chariots transbordeurs des gares, (cette difficulté ne s'est pas présentée avec les autres systèmes dont les dynamos sont moins volumineuses). Mais sur les voitures à bogies, qui ne sont jamais manœuvrées par chariots on s'est servi de la commande par courroie.

Une poulie en fonte est calée sur l'un des essieux du bogie ; elle commande une poulie dont le palier est fixé sous le châssis et qui actionne par une articulation à rotule la dynamo fixée à côté ; l'articulation est destinée à permettre à la courroie de suivre les déplacements horizontaux du bogie par rapport à la caisse du véhicule. La dynamo peut fournir un débit de 40 ampères sous 35 volts. Le système Auvert (fig. 22) fonctionne avec une seule batterie A en dérivation sur les lampes L, dont le circuit contient une résistance d'absorption R. En série, entre la dynamo D et les accumulateurs A, est intercalé un petit moteur M dont il sera parlé un peu plus loin.

Le conjoncteur-disjoncteur se compose d'un électro-aimant vertical dont la palette, rappelée par un ressort à boudin, vient en contact lorsqu'elle est attirée, à une certaine tension de la dynamo, avec une platine fixe. Le contact, qui se faisait d'abord par pièces plates d'argent, est établi maintenant par deux pièces coniques qui s'appliquent mieux l'une contre l'autre.

La résistance d'absorption des lampes est intercalée par un appareil spécial distinct du conjoncteur. La résistance R (fig. 18), disposée sur un socle, est divisée en 3 parties r_1 r_2 r_3 reliées à 3 lames de laiton flexible dont les extrémités, avec contacts en argent, sont réglées

[1] Voir dans *L'Éclairage Électrique* du 23 septembre 1899, p. 460 la description détaillée et les figures représentant cette disposition.

à des hauteurs légèrement différentes par 3 vis de pression. Au repos, ces trois lames sont ployées à fond, c'est-à-dire que les 3 parties de la résistance sont en court-circuit, par une large palette articulée dont l'autre extrémité se trouve au-dessus d'un électro-aimant branché sur la dynamo. L'armature de cet électro est réglée de façon à ce que l'attraction commence à peu près au moment où le conjoncteur vient de fonctionner; la lame réglée, à la hauteur la plus basse est libérée la première et introduit en circuit le premier tiers de la résistance d'absorption ; lorsqu'ensuite, la force électromotrice augmente un peu, par suite d'augmentation de la vitesse, l'armature quitte successivement le contact des deux autres lames. Inversement, au moment du ralentissement de la dynamo, les trois fractions de la résistance sont mises successivement en court-circuit. En pratique, l'attraction et le décollage de l'arma ture se produisent complètement en quelques secondes, de sorte que la résistance se trouve mise en circuit ou hors circuit à peu près en une seule fois.

L'inverseur qui change les connexions entre la dynamo et les accumulateurs, lorsque le sens de la marche varie, était constitué, pendant les essais, par un fléau portant des contacts en argent à ses deux extrémités et qui basculait à droite ou à gauche sous l'influence de deux solénoïdes. L'appareil définitif ressemble un peu à une petite dynamo ; il est composé par un électro-aimant excité par la dynamo, à cornes polaires cylindriques, entre lesquelles peut tourner une armature en forme de tambour, polarisée par les accumulateurs ; suivant que ce tambour se déplace vers la droite ou vers la gauche, il entraîne dans un sens ou dans l'autre une palette munie de doubles contacts qui viennent buter sur l'une ou l'autre des deux paires de lames flexibles ayant des connexions inverses.

Le système Auvert est caractérisé par un procédé tout spécial de régulation de la tension fournie aux accumulateurs. On oppose à la force électromotrice de la dynamo une force contre-électromotrice progressivement croissante avec la vitesse et produite par un moteur régulateur. Ce régulateur est une petite dynamo série M intercalée dans le circuit principal de débit de la dynamo et dont l'induit porte un disque en bronze de 15 cm de diamètre, sur lequel appuient deux frotteurs en charbon réglés avec une certaine pression. Lorsque la vitesse du train atteint 40 km à l'heure, c'est-à-dire peu de temps après la conjonction, la force électromotrice de la dynamo génératrice développe dans le petit moteur un couple égal au couple résistant des balais et le moteur commence alors à tourner. La vitesse, et par suite la force contre-électromotrice qu'il développe, s'accélèrent ensuite proportionnellement à l'élévation de force électromotrice de la génératrice, de sorte que le débit de la dynamo, et par suite la différence de potentiel appliqué aux accumulateurs, restent sensiblement constants.

A ce mode de régulation, M. Auvert en a adjoint un autre, consistant à placer sur l'excitation de la dynamo-génératrice un contre-enroulement *e* fin à fil branché aux bornes du régulateur M et qui exerce par conséquent sur le champ de la génératrice une action démagnétisante d'autant plus forte que le régulateur tourne plus vite. De cette façon, la force électromotrice développée par la génératrice est loin de croître aussi rapidement que la vitesse du train et la vitesse du moteur-régulateur n'a pas besoin d'atteindre des vitesses très élevées qui useraient assez vite les balais.

Grâce à ce double réglage, le courant total débité par la dynamo en marche, et par suite le courant de charge des accumulateurs, ne varie pour ainsi dire pas avec la vitesse. Il est donc assez facile de régler la dynamo, de façon à ce que les accumulateurs, pour un parcours déterminé, reçoivent, avec un excédent très faible, ce qu'ils consomment pendant les arrêts. (Les accumulateurs en marche reçoivent toujours un courant de charge et l'on ne fait pas de charge pendant la marche de jour). Mais si les voitures changent de roule-

ment et passent dans des trains où la proportion des temps d'arrêt au temps de marche, pendant un voyage complet, est plus faible ou plus grande, il peut y avoir survoltage aux lampes (la résistance totale d'absorption des lampes étant calculée pour une tension en marche des accumulateurs de 2,3 volt, et non de 2,5 ou 2,6 volt), ou épuisement des accumulateurs, ainsi que cela se produit dans tous les systèmes à batterie unique, comme il sera expliqué plus loin. La difficulté pourrait être tournée si la résistance totale était calculée pour 2,6 volts et pouvait n'être intercalée ou retirée que par fractions successives au fur et à mesure de la variation de tension due à l'état de remplissage des aacumulateurs, mais comme il a été dit il y a un instant, cette progression n'est pas réalisable pratiquement.

La batterie unique du système Auvert représente environ huit heures d'éclairage sur les voitures à bogies du P.-L.-M.

Le système Auvert a été appliqué, à titre d'expérience, sur trois voitures de l'Ouest.

Le système Auvert est très ingénieux comme conception ; tous les appareils qui le composent sont largement calculés et de construction robuste, c'est-à-dire bien appropriés à un service de chemins de fer, mais il comporte un plus grand nombre d'organes accessoires que les autres systèmes, ce qui le rend sensiblement plus lourd et plus coûteux à établir.

Système américain. — On fait usage en Amérique, depuis 1896, du système Moskowitz plus ou moins modifié. Les appareils de ce système sont construits depuis peu de temps en Angleterre par la Maison Vickers, Maxim et Cie. Je manque de renseignements sur les détails de construction et sur l'importance des applications de ce système. Je crois qu'il ne comporte qu'une seule batterie et que la force électromotrice de la dynamo est réglée par un rhéostat d'excitation commandé automatiquement par un servo-moteur électrique. Il y a quatre équipements à l'essai depuis deux mois au chemin de fer écossais du Caledonian et quelques unités dans d'autres Compagnies anglaises.

Système Dick. — Le système Dick a été appliqué dans ces dernières années à l'éclairage des voitures isolées. Les ateliers Schuckert, de Vienne, qui construisent à présent les appareils Dick, m'écrivent qu'ils ont équipé 15 voitures fonctionnant sur les chemins de fer de l'État autrichien et sur d'autres petites Compagnies. D'après une brochure qui m'a été communiquée par la Société Schuckert, les appareils sont tout à fait semblables à ceux destinés à l'éclairage des trains entiers, mais un peu plus petits. L'inverseur à mercure a été supprimé et l'inversion est effectuée simplement par la rotation des porte-balais. Le conjoncteur-inverseur et le régulateur sont placés dans une petite armoire logée dans le couloir de la voiture. On fait usage de deux batteries, suivant le montage du système Stone et d'un limiteur de tension. La résistance intercalée dans le circuit de la batterie d'éclairage est réglée de façon à ce que cette batterie ne reçoive jamais de courant en marche, comme dans le système pour trains en bloc.

Système Kull. — Le Chemin de fer central suisse a mis à l'essai, l'année dernière, un système étudié par M. Kull, ingénieur de cette Compagnie à Olten, et construit par la Maison Brown-Boveri, de Baden, qui m'a communiqué une description des appareils.

Le système Kull, qui présente une certaine analogie avec le système Dick [1] primitif, fonctionne avec une seule batterie, suivant un schéma semblable à celui de la figure. La

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, 21 juin 1902, p. 433.

force électro-motrice de la dynamo est maintenue sensiblement constante à l'aide d'un rhéostat automatique variable intercalé dans le circuit shunt d'excitation, mais la commande de ce régulateur est mécanique au lieu d'être électrique. Le système Kull comporte, comme le Dick, un limiteur de tension qui s'enclenche lorsque la tension, aux bornes des accumulateurs, dépasse un certain chiffre 2,6 volts par élément par exemple, mais au lieu de réduire le débit de la dynamo, ce limiteur coupe complètement le circuit principal de cette dynamo. La conjonction est produite, comme dans le Dick, par un appareil électrique. Je crois qu'au début l'inversion était effectuée par un croisement de courroies ; la maison Brown-Boveri dit qu'elle peut être produite par déplacement des balais ou par le renversement du courant d'excitation, mais je ne sais pas quel est le dispositif définitivement adopté maintenant.

La dynamo, enfermée complètement dans une enveloppe en fonte et suspendue par tourillon sous le chassis, reçoit son mouvement d'un essieu, par une courroie horizontale. A l'un des bouts du bâti de la dynamo est rapporté un tambour en tôle hermétiquement fermé contenant le régulateur. Ce régulateur est un appareil centrifuge monté sur le prolongement de l'arbre horizontal de la dynamo. Le manchon de ce régulateur actionne par un levier articulé et un secteur denté un pignon sur l'axe duquel est monté un levier de rhéostat, le tout enfermé dans la même enveloppe du bout de la dynamo, sauf les résistances qui sont dans une boite séparée.

Le conjoncteur et le limiteur de tension sont enfermés dans un petit coffret spécial. Le conjoncteur disjoncteur se compose d'un solénoïde vertical, dont l'armature porte deux séries de tiges superposées : une première série de 3 tiges plongeant dans 3 godets à mercure pour relier la dynamo aux accumulateurs, et une série inférieure de 2 tiges placées au-dessus de 2 godets à mercure reliés à la résistance d'absorption, qui, au repos, se trouve en court-circuit.

Le limiteur de tension se compose d'une bobine verticale qui actionne, par l'intermédiaire d'un fléau de balance, un interrupteur auxiliaire à mercure vertical enfermé dans un petit cylindre. Le conjoncteur-disjoncteur est asservi par cet interrupteur qui commande le circuit de son solénoïde. Un verrouillage maintient l'interrupteur ouvert lorsque les lampes ne sont pas allumées, c'est-à-dire qu'on ne fait pas de charge pendant la marche de jour. Lorsqu'on allume les lampes, un électro-aimant, agissant sur le fléau, libère le verrou, ce qui a pour effet de fermer l'interrupteur auxiliaire à mercure, de sorte que le solénoïde du conjoncteur peut fermer le circuit de la dynamo sur les accumulateurs. Si ensuite la tension aux bornes des accumulateurs monte à 2,6 volts par exemple, la bobine agit sur le fléau et ouvre l'interrupteur auxiliaire à mercure ; il en résulte une disjonction du conjoncteur (et aussi la mise en court-circuit de la résistance d'absorption). La dynamo reste donc isolée jusqu'au prochain arrêt, où le courant se trouve supprimé dans la bobine du limiteur [1], d'où un réenclenchement de l'interrupteur auxiliaire à mercure et une reconjonction de la dynamo avec les accumulateurs.

On construit deux modèles, l'un pour 100 bougies à 24 volts et l'autre par 160 bougies à 36 volts. Dans les deux cas la batterie représente environ dix heures d'éclairage.

La maison Brown revendique, en faveur du système Kull tel qu'elle le construit, l'avantage de donner une lumière parfaitement régulière, sans consommation inutile d'énergie.

---

[1] La description semble indiquer que le réenclenchement de l'interrupteur auxiliaire et par suite la mise en circuit de la dynamo peuvent s'effectuer en marche si les accumulateurs s'épuisent ; en pratique le fait ne doit se produire que si la tension des éléments tombe au-dessous de 48 volts.

Avec les dispositifs adoptés, l'on a toujours une variation de voltage appréciable aux lampes, entre l'arrêt et la grande vitesse comme dans tout système à une batterie ; ainsi qu'il sera expliqué plus tard, les survoltages ne doivent pas être beaucoup à craindre et le système dépense en effet moins d'énergie inutile que les autres. Mais cette économie d'énergie n'a pas d'importance et les épuisements sont beaucoup plus à redouter que dans tous les autres systèmes, étant donnée la capacité de la batterie. Ils ne se produisent peut-être pas fréquemment en Suisse, où il n'y a pas de trains ayant de longues durées d'éclairage de nuit, mais ils se manifesteraient très vite dans d'autres conditions moins favorables.

(A *suivre*.)

Ch. Jacquin.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

MESURES

Système rationnel d'unités électromagnétiques, par **Giorgi**. — *L'Elettricista*, t. XI, p. 2 et 39, janvier et février 1902.

La théorie de la rationalisation des unités électriques a été formulée en premier lieu par O. Heaviside. Il remarque que le facteur 4π se trouve dans beaucoup de formules sans qu'il y soit question de cercle, de cylindre, ou de sphère. La rationalité des unités consiste précisément dans l'élimination de ce facteur étranger, dont l'introduction est due à la formule de Coulomb

$$F = \frac{mm'}{r^2}.$$

En égalant à l'unité le coefficient de proportionnalité qui doit figurer dans cette formule, on omet un facteur physique, la constante électrique de l'éther s'il s'agit de masses électriques, la constante magnétique s'il s'agit de pôles.

D'ailleurs, les conventions simultanées sur ces deux constantes, n'étant pas compatibles, l'omission est mise en évidence par le désaccord entre les systèmes de mesures électrostatique et électromagnétique. Mais il y a plus, il y a encore omission d'un facteur physique, qui est précisément 4π. Afin de n'avoir affaire qu'à ce facteur physique, écrivons la formule de Coulomb en exprimant l'induction B à la distance r d'une masse m (électrique ou magnétique)

$$B = \frac{m}{r^2}$$

équation indépendante des constantes du milieu.

Mais, de la masse m il émane un flux d'induction dont la valeur totale Φ se conserve invariable à toute distance. A la distance r, il se trouve réparti sur une sphère de surface $\Sigma = 4\pi r^2$. L'induction spécifique à cette distance est

$$B = \frac{\Phi}{\Sigma} = \frac{\Phi}{4\pi r^2}.$$

Égaler à l'unité le coefficient de la formule de Coulomb, c'est prendre comme mesure d'une masse (électrique ou magnétique) l'induction exercée à l'unité de distance. Mais la mesure de la puissance d'une source (la masse est une source d'induction comme une source de fluide en un point de l'espace) n'est pas la vitesse communiquée au fluide à l'unité de distance, mais bien la portée totale de la source même. Ainsi la mesure rationnelle d'une masse électrique ou magnétique est le flux total d'induction qui en émane, de sorte que l'on doit prendre comme unité rationnelle de masse celle qui maintient l'unité d'induction non plus à l'unité de distance mais sur l'unité de surface.

La formule de Coulomb devient :

$$B = \frac{m}{\Sigma} = \frac{m}{4\pi r^2},$$

au lieu de

$$B = \frac{m}{r^2} = 4\pi \frac{m}{\Sigma}.$$

On élimine ainsi le facteur 4π dans les formules.

Mais si la réforme semble simple au point de vue théorique, elle présente au contraire de

graves inconvénients relativement au système d'unités pratiques dont l'emploi est sanctionné par l'usage.

Giorgi considère la question à un point de vue plus général et propose une solution qui semble plus pratiquement réalisable. Il remarque que le désaccord entre les formules théoriques et les mesures pratiques est tel qu'il n'y a pas à craindre de l'accroître. Il n'y a donc pas de raison pour hésiter à rationaliser les premières, les conséquences de la réforme sont d'ailleurs de modifier les coefficients proportionnellement à 4π ou à quelqu'autre facteur.

La question de la rationalisation en théorie est intimement liée à l'unification des mesures électrostatiques et électromagnétiques. Sans faire aucun choix particulier d'unités, on peut déterminer les bases d'un système électrostatique et électromagnétique à la fois et débarrassé en outre du facteur 4π.

Les systèmes actuels sont déduits des deux formules de Coulomb en négligeant le facteur mathématique et les constantes de l'éther. Pour former un véritable système rationnel, il faut en tenir compte. Attribuer à l'une des constantes la valeur un, introduit une dissymétrie et favorise l'équivoque, en permettant de confondre par exemple la force et l'induction magnétique qui sont bien de nature aussi distincte que la force électromotrice et le courant électrique dans un circuit de résistance égale à l'unité.

En se reportant aux définitions de la dynamique généralisée de Lagrange, on appelle déplacement la variation d'une des variables indépendantes qui détermine l'état d'un système physique. Tout déplacement est accompagné de travail, et l'on appelle force associée au déplacement le coefficient qui multiplie le déplacement dans l'expression du travail élémentaire. La vitesse est la variation du déplacement pendant l'unité de temps, le produit de la vitesse par la force correspondante donne le travail par unité de temps, c'est l'activité de la force.

Appliquons ces idées directement aux circuits : dans un circuit électrique, par exemple, la variable indépendante est la quantité d'électricité q transportée à travers le circuit ; dq est le déplacement élémentaire, $\frac{dq}{dt}$ la vitesse du courant électrique. La force associée est la force électromotrice e. L'équation de l'énergie doit avoir la forme

$$dw = e\,dq,$$

et, en appelant W l'activité,

$$W = e\,\frac{dq}{dt} = ei.$$

Telle est la loi qui lie les unités rationnelles de courant et de force électromotrice à celle de la puissance mécanique.

Dans un système magnétique, la variable est le flux φ, le déplacement élémentaire est $d\varphi$, la vitesse $\frac{d\varphi}{dt} = g$ (par analogie courant magnétique). La force associée est la force magnétomotrice f, et l'on a :

$$dw = f\,d\varphi,$$

ou

$$W = f\,\frac{d\varphi}{dt} = fg.$$

Supposons les deux systèmes reliés de telle sorte que l'énergie perdue par l'un soit acquise par l'autre

$$\pm ei = W = \mp fg.$$

Les deux circuits sont alors réunis en un seul circuit électromagnétique, de manière que l'on doit ajouter les deux équations caractéristiques de l'électromagnétisme

$$e = \mp g$$
$$f = \pm i.$$

On a donc un système de quatre équations, dont l'une est conséquence des trois autres. Ces trois sont vraiment fondamentales, elles sont nécessaires et suffisantes pour fonder toute la théorie mathématique de l'électromagnétisme. Elles forment la base nécessaire de la théorie, parce que la première est l'expression électromagnétique du principe de l'énergie et que les deux autres sont considérées simplement comme des définitions.

Les trois équations contiennent les quatre unités fondamentales force électromotrice, force magnétomotrice, courant électrique, courant magnétique ; mais ces unités sont égales deux à deux, les unités fondamentales se réduisent ainsi à deux, une commune pour la force magnétomotrice et le courant électrique, l'autre commune pour la force électromotrice et le courant magnétique. Et leur produit doit être égal à l'unité mécanique de puissance.

Il reste ainsi un élément arbitraire et un seul. C'est précisément celui que l'on déterminait dans les anciens systèmes en assignant une valeur spéciale à une des constantes de l'éther libre. Renonçons à cette restriction, et profitons de l'indétermination pour faire coïncider le premier couple d'unités avec les unités pratiques déjà existantes.

Si l'on prend le *watt* comme unité de puissance mécanique, on peut avoir comme unités fondamentales électromagnétiques le *volt* et l'*ampère*.

Force électromotrice = *volt* = courant magnétique.
Courant électrique = *ampère* = force magnétomotrice.
Activité électrique = *watt* = activité magnétique.

La dualité d'emploi de ces unités est caractéristique de la symétrie des systèmes rationnels de mesure.

Les mesures de force électromotrice, de courant magnétique, et de courant électrique restent définies comme dans le système ordinaire. Seulement la définition de la force magnétomotrice est corrigée du facteur 4π. Mais pour la nouvelle mesure de force magnétomotrice cela n'entraîne pas de nouvelle unité, il suffit de mesurer la force magnétomotrice avec l'ampère qui existe déjà comme unité de courant. Et cette unité rationnelle est déjà en usage sous le nom d'ampère-tour. La pratique précède ainsi la théorie.

Dans le nouveau système, les mesures dérivées de la force électromotrice, du courant magnétique et du courant électrique restent comme dans le système ordinaire ; les mesures dérivées de la force électromagnétique sont modifiées du facteur 4π, mais elles se rapportent à d'autres unités déjà existantes.

En multipliant le volt par la seconde, on a le weber :

Flux magnétique = *weber* = impulsion électromotrice

et la double signification de cette unité se justifie quand on explore un champ magnétique au moyen d'une bobine d'induction.

Multipliant l'ampère par la seconde on a le coulomb :

Quantité d'électricité = *coulomb* = impulsion magnétomotrice ;

la justification de cette identité se trouve dans la mesure de la charge d'un condensateur au moyen d'un balistique.

Dans un circuit électrique conducteur, on considère le rapport entre la force électromotrice et le courant ;

$$\text{Résistance électrique} = \textit{ohm} = \frac{\text{volt}}{\text{ampère}},$$

et le rapport inverse

$$\text{Conductance électrique} = \textit{mho} = \frac{\text{ampère}}{\text{volt}},$$

et avec ces unités on mesurera aussi la réactance, la susceptance, l'admittance des circuits à courants alternatifs.

Si l'on connaissait des corps magnétiquement conducteurs, on définirait d'une manière analogue la résistance magnétique en *mho* et la conductance magnétique en *ohm*. Mais ces relations sont pour l'instant seulement théoriques et ne peuvent entrer en considération qu'au point de vue du calcul dans les circuits magnétiques à courants alternatifs.

Quand un circuit électrique n'est pas conducteur, mais diélectrique, on a à considérer le rapport entre la quantité d'électricité et la force électromotrice auquel on donne le nom de capacité quand on devrait dire *inductance électrostatique*, l'unité de mesure est

$$\textit{farad} = \frac{\text{coulomb}}{\text{volt}} = \text{seconde} \times \text{mho}.$$

Le rapport inverse prend le nom de *réluctance électrostatique* et l'unité de mesure le

$$\textit{farad}^{-1}$$

n'a pas de nom spécial.

L'inductance et la réluctance électrostatiques ont été appelées *permittance* et *l'élastance* par Heaviside.

De même, dans tout circuit magnétique (qui n'est jamais magnétiquement conducteur) on considère le rapport entre le flux magnétique et la force électromagnétique auquel on donne le nom de perméance. Cette mesure au point de vue ordinaire est altérée comme celle de la force électromagnétique. Pour éviter la confusion on réservera ce nom de perméance à la mesure faite avec le système ordinaire et celui *d'inductance magnétique* à la mesure rationnelle.

L'unité rationnelle d'induction magnétique est le

$$henry = \frac{\text{weber}}{\text{ampère}} = \text{seconde} \times \text{ohm}.$$

La nomination de l'inductance comme l'unité *henry* sont déjà admises dans l'usage ordinaire, à propos des coefficients de self-induction des circuits électriques.

Mais le lien entre les deux définitions est ici que le coefficient de self-induction d'un circuit est égal en mesure rationnelle à l'inductance du circuit magnétique sur lequel il est enroulé (avec un facteur n^2 si l'enroulement se répète n fois).

Le rapport inverse, la *réluctance magnétique* a pour unité le

$$henry^{-1}$$

et n'a pas de nom spécial.

La double signification de ces unités, farad, henry et leurs inverses s'obtient en les interprétant comme coefficients de self-induction ou coefficients de mobilité des circuits conjugués. Il n'y a pas lieu de s'étendre sur ce point.

Ainsi, pour établir ce système rationalisé, il n'a été nécessaire, ni d'introduire de nouvelles unités, ni de mettre en contradiction les symboles ou les définitions nouvelles avec les anciennes. Avec les unités pratiques on a formé un système absolu. Pour le compléter, il faut joindre aux mesures concrètes les mesures spécifiques en rapportant à l'unité de longueur.

Remarquons que les unités électromagnétiques pratiques sont incompatibles avec les unités pratiques de longueur et de masse. Mais toutes les relations quantitatives entre les phénomènes électromagnétiques et mécaniques se réduisent à l'équivalence de l'énergie.

La seule liaison nécessaire entre un système de mesure électromagnétique et un système de mesure mécanique est que l'unité d'énergie soit la même dans les deux. Dans ces conditions, le choix des deux unités mécaniques fondamentales, longueur et masse, reste arbitraire à condition qu'elles donnent le *watt* comme unité de puissance mécanique.

Parmi les unités pratiquement en usage, le mètre et le kilogramme seulement satisfont à cette condition. Par suite on devra les joindre aux unités électriques et magnétiques déjà énumérées pour former un système absolu *mètre-kilogramme-seconde*. Ce système qui comprend simultanément les mesures électriques, magnétiques et mécaniques est entièrement composé des unités pratiques usuelles, il est entièrement rationalisé, débarrassé du facteur 4π et n'établit aucune distinction entre les mesures dites électrostatiques et celles dites électromagnétiques.

Dans les formules mathématiques d'électricité et de magnétisme, les constantes des milieux et non plus le facteur irrationnel 4π devront figurer.

Pour déduire du nouveau système d'unités concrètes, les unités spécifiques, on rapportera les premières au mètre, au mètre carré, au mètre cube.

La force électrique se mesurera donc en *volt par mètre linéaire* ; la force magnétique en *ampère par mètre linéaire*. En écrivant les formules, on doit tenir compte que la mesure rationnelle de la force magnétique diffère de l'ancienne par l'élimination du facteur 4π. Pour éviter toute confusion, il suffirait de changer le symbole.

On mesurera l'induction électrique en *coulomb par mètre carré* ; l'induction magnétique en *weber par mètre carré* ; l'intensité spécifique de courant électrique ou magnétique respectivement en *ampère* ou en *volt par mètre carré*.

Du rapport entre la force électrique et l'intensité spécifique de courant, on déduit la résistance par unité de volume ou résistivité qui sera mesurée en *ohm-mètre*, etc.

Enfin la mesure des constantes électromagnétiques fondamentales d'un milieu s'obtiendra de la manière suivante.

La constante électrostatique ou *inductivité électrique* d'un milieu est définie comme le rapport entre l'induction électrique et la force électrique dans ce milieu et se mesure par suite en *farad par mètre linéaire*. Le symbole $\varkappa$ indiquera cette quantité.

La constance magnétique ou *inductivité magnétique* est définie comme le rapport entre l'induction magnétique et la force magnétique dans ce milieu et se mesure en *henry par mètre linéaire*. Représentons cette quantité par λ.

Mais l'inductivité électrique et l'inductivité magnétique d'une substance peuvent se définir comme les inductances électrique et magnétique d'un cube ayant pour côté l'unité de longueur.

Ainsi l'inductance électrostatique ou capacité d'un condensateur, et l'inductance magnétique d'un noyau magnétique sont respectivement exprimées par

$$K = \varkappa \frac{\Sigma}{S}$$

$$L = \lambda \frac{\Sigma}{S}$$

où Σ est la section et s l'épaisseur du corps ou du noyau induit.

Les valeurs $\varkappa_0$ et λ_0 pour l'éther libre sont

$$\varkappa_0 = 0,000\,000\,000\,008\,842$$
$$\lambda_0 = 0,000\,001\,256\,637$$

et satisfont à la relation

$$(\lambda_0 \varkappa_0)^{-\frac{1}{2}} = 3 \times 10^8$$

Ces valeurs ainsi différentes de l'unité ne sont pas une anomalie du système, elles expriment un fait physique : l'éther libre a une susceptibilité extrêmement petite pour les actions électrostatiques et magnétiques mais beaucoup plus petite pour les premières que pour les secondes. G. Goisot.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

L'électricité atmosphérique et les mesures de protection contre la foudre. — *Engineering* (Londres), t. LXXIII. p. 703-707, 767-769, 802-803. — 30 mai, 7 juin, 20 juin 1902.

L'article énumère et commente les divers travaux (observations, théories, statistiques), auxquels ont donné lieu dans ces dernières années les recherches sur l'électricité atmosphérique.

Le rôle important de l'eau et de la vapeur d'eau, de l'évaporation et de la condensation, a été soupçonné de bonne heure. Volta pensait que la vapeur d'eau, en se dégageant, prenait une charge négative, tandis que l'eau se chargeait positivement. Peltier croyait que la vapeur d'eau emportait avec elle une partie de la charge électrique de la terre. Pellat soutient aussi cette opinion. Mais nous n'avons aucune preuve que l'évaporation de l'eau s'accompagne d'une séparation des deux électricités, et l'on n'a pas établi non plus que la vapeur se dégageant d'une masse d'eau électrisée emporte avec elle une partie de la charge. Beaucoup d'observations ont été faites à ce sujet, mais elles ne concordent nullement. Bartoli et Pettinelli n'ont vu aucun signe d'une électrisation due à la simple évaporation. Lord Kelvin, Magnus Maclean et Alex. Gall ont observé (*British Association*, 1894) qu'un courant d'air soigneusement desséché charge positivement de la pierre ponce imprégnée d'acide sulfurique; il ne se produit pas de charge quand la pierre ponce est imprégnée d'eau. Ils constatèrent aussi (*Royal Society*) que l'air barbotant à travers l'eau pure s'électrise positivement; si l'eau est salée, l'air s'électrise négativement. Ces charges disparaissent quand on filtre l'air à travers un nombre suffisant d'écrans en gaze métallique ou de tampons de coton. Ces observations font supposer que les poussières et le frottement jouent un rôle dans ces expériences. Holingren (Société de Physique de Lund, Suède, 1895) déclare qu'un mince courant d'air sortant de l'eau se charge positivement à 70 volts et que les chocs et le frottement entre les solides et l'eau produisent de l'électricité. Selon Lenard, confirmé par Wesendonck et d'autres, les chutes d'eau qui se divisent en gouttes d'eau et en brouillard rendent l'air négatif, tandis que les solides et les liquides contre lesquels on fait écouler de l'air le rendent positif, l'eau elle-même paraissant rester neutre. Ceci a lieu quand l'eau est pure; les jets d'eau salée produisent une électrisation négative.

S.-A. Andrée (Académie de Suède, 1893) rapporte l'expérience suivante. Il prit deux sphères métalliques de 12 cm de diamètre, remplit l'une d'elles d'un mélange réfrigérant et les plaça toutes deux dans un milieu chargé de poussières dont il électrisa l'atmosphère, ce qui serait extrêmement difficile en l'absence des poussières. Le potentiel de la sphère froide, sur laquelle se condensa l'humidité, s'éleva plus rapidement que celui de la sphère chaude. Il se peut donc que l'électricité atmosphérique se concentre sur la vapeur condensée; des expériences à l'air libre paraissent confirmer cette idée.

Les difficultés qui entourent l'observation systématique de l'électricité atmosphérique ne permettent pas d'en tirer autant de secours qu'on pourrait l'espérer. On trouve presque toujours le potentiel de l'air positif par rapport à celui du sol, d'où l'on conclut que la terre est chargée négativement. A 1 m au-dessus du sol, la différence de potentiel peut être de 50 ou de 100 volts; elle varie considérablement. Elle est

plus grande sur les hauteurs et les constructions élevées, comme la tour Fiffel, peut-être parce que les charges se concentrent sur ces points. Mais la théorie de la terre condensateur (Lord Kelvin, Travert, etc.) qui regarde l'électricité atmosphérique comme due essentiellement à l'action inductrice de la terre, ne suffit pas pour expliquer les variations ordinaires du potentiel. Le potentiel positif normal de l'atmosphère diminue souvent à l'approche des nuages, comme s'il y avait dans l'air des masses chargées négativement. De la théorie de Peltier sur l'électrisation négative de la vapeur d'eau, Exner, de Vienne, a tiré une formule empirique donnant les décroissances du potentiel pour les tensions croissantes de la vapeur d'eau. Il paraît résulter aussi de ses théories que le potentiel doit croître avec l'altitude. Sur ce dernier point des observations ont été faites par Schuster, dans les Alpes, par Magie, sur mer, par Tuma, Berson, Le Cadet et d'autres, en ballon. Il est aujourd'hui presque généralement reconnu que le potentiel ne croît pas avec l'altitude, sauf peut-être dans les basses régions, mais qu'il décroît au contraire et qu'à partir de 3 500 ou 4 000 m il reste stationnaire.

L'auteur rapporte ensuite quelques observations ayant trait aux variations journalières du potentiel. Il mentionne la théorie proposée par Brillouin pour les expliquer, déjà exposée ici.

Il n'existe encore aucune théorie généralement acceptée des orages. Zenger (*Éclairage Électrique*, t. I, p. 212) les attribue aux météores qui, venant de régions où tous les corps sont conducteurs d'électricité, en raison de la basse température, se déchargent en entrant dans l'atmosphère. Il a donné dans de récents articles un exposé complet de ses idées [1]. Selon Sohncke (*Gewitterstudien*, publié à Munich en 1894) les orages sont produits par le frottement entre la glace et l'eau liquide dans les hautes couches de l'atmosphère. Les données qu'il invoque se rapportent principalement au 19 juin 1888, jour où il a pu recueillir les observations de 120 stations.

La nature des décharges atmosphériques, leur effet sur l'organisme humain, ne nous sont pas mieux connus que leur origine. On n'a pas établi non plus si les forêts agissent préventivement, comme une multitude de paratonnerres [1].

Au sujet de la protection des habitations et des lignes électriques, l'auteur cite les travaux de Lodge et de Findeisen et rapporte un grand nombre de cas instructifs observés dans divers pays. Il constate qu'on est loin d'être d'accord sur le mode de construction à adopter pour les paratonnerres. La nécessité d'employer un conducteur absolument parfait pour les relier à la terre est aujourd'hui révoquée en doute, ainsi que l'action préventive des pointes, contestée déjà Helmholtz au Congrès d'Electricité de Paris de 1881. D'une statistique établie par le Comité militaire d'Autriche, il paraîtrait ressortir que les constructions munies de paratonnerres sont plus souvent frappées que les autres.

On peut admettre qu'en général le potentiel de l'air est positif par rapport à celui de la terre et varie en moyenne de 80 volts par mètre en été à 400 en hiver. Quant aux variations quotidiennes, on peut en distinguer trois types. Le premier et le plus commun présente deux maxima par jour, à 8 heures du matin et à 8 heures du soir, et le principal minimum pendant la nuit. Ce type a été observé au Spitzberg, au Cap Horn, à Batavia (Java) et au Sahara. Le second type, rare, a un seul minimum marqué dans l'après-midi, et un maximum plus caractérisé à 5 heures du matin; c'est ce type qu'on observe à Paris en hiver. Le troisième type ne présente pas de variations marquées.

Quand on s'élève, les variations journalières et annuelles du potentiel électrique s'effacent : ceci s'applique à tous les climats et à toutes les latitudes. Il existe une certaine relation entre la

---

[1] Il regarde la terre comme une sorte de dynamo sur laquelle le soleil agit par induction, et il a dressé des tables et construit des modèles démontrant la relation entre les taches du soleil, etc., et les phénomènes météorologiques, électriques, volcaniques et sismiques. Il propose une théorie dynamo-électrique de notre système planétaire, expliquant les mouvements des planètes aussi bien que la périodicité des phénomènes météorologiques, dont il prétend avoir prédit un grand nombre depuis 1886.

[1] Il n'est pas douteux que les arbres de certaines espèces sont souvent frappés et qu'il est dangereux de s'abriter sous un arbre. On a essayé de classer les arbres selon le degré de péril à ce point de vue. D'une longue série d'observations en Argovie (Suisse), Kiniker conclut que les forêts divisent les nuages orageux et que les orages qui se forment au-dessus des forêts ne produisent pas de grêle; la grêle ne tombe que si l'orage se forme au-dessus d'une région dénudée ou peu boisée.

pression et le potentiel; la poussière et le brouillard ont aussi une influence notable ; on pourrait croire que cet effet est plus marqué dans les couches inférieures de l'atmosphère, mais la poussière peut s'élever et flotter à de grandes hauteurs (J.-M. Bacon) et nous ne savons pas s'il n'en est pas normalement ainsi.

Tout corps électrisé perd lentement sa charge dans l'air. Ce phénomène, appelé dispersion électrique, n'est dû ni à la lumière solaire ni à la poussière prise au sens ordinaire du mot. Près de la surface de la terre, la dispersion est également rapide pour les charges positives et les négatives; elle est plus rapide en été qu'en hiver. Aux altitudes élevées, elle est plus rapide en général et beaucoup plus rapide pour les charges négatives. Ceci s'explique par l'hypothèse d'ions des deux polarités existant à l'état libre dans l'atmosphère, mêlés normalement en proportions égales, mais se séparant sous l'influence du champ électrostatique de la terre et tendant par suite à se rassembler autour des montagnes. La mobilité des ions, c'est-à-dire la rapidité de la dispersion, est fortement contrariée par le brouillard et même, selon Pochettino, par l'air humide; les ions paraissent s'attacher aux particules de brouillard. Cet obstacle présenté à la mobilité des ions pourrait faire comprendre l'accumulation de gigantesques charges électriques. Cette théorie est due à Elster et à Geitel.

Deux autres théories ont été proposées récemment.

Liebenow (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1900, p. 962) a donné une théorie complète de l'électricité terrestre. Il accepte les chiffres fournis par Le Cadet d'une élévation de potentiel de 36,5 volts par mètre à une altitude de 1 420 m et de 13,4 volts à une altitude de 4 015 m et calcule que la surface de la terre doit porter une charge négative d'environ 2 unités électrostatiques par mètre carré. Près de la surface de la terre, sous un ciel serein, un cube d'air de 10 m de côté doit contenir 0,65 unité électrostatique et, à l'altitude de 10 000 m, 0,02 seulement. Si cette électrisation était due à la radiation solaire, elle disparaîtrait en une nuit de 10 heures. Liebenow en donne une explication fondée sur les courants thermo-électriques, que nous résumons en note (¹).

Une théorie des aurores boréales fut exposée devant l'Académie des Sciences de Suède, par Arrhénius, en 1900. Elle s'appuie sur la pression mécanique exercée par les rayons lumineux sur les surfaces qu'ils éclairent, hypothèse que Lebedew, de Moscou, vérifia expérimentalement. Nous reproduisons en note les quelques lignes consacrées à cette théorie (¹).

L'auteur mentionne en terminant les canons paragrêle dont l'efficacité, dit-il, est incertaine. Leur action serait due, suivant les uns, au courant d'air chaud qu'ils émettent, suivant d'autres, au choc mécanique produit. P. L.

MAGNÉTISME

Sur le magnétisme induit dans le fer par des courants (ou champs) oscillant rapidement; par **Mansergh Varley**. *Phil. Mag.* [VI], t. III, p. 500-512, mai 1902.

C'est Savary (²) qui a, le premier, en 1827,

(¹) L'air étant généralement chaud dans les couches inférieures et froid dans les couches élevées, il se produit des courants qui transportent de l'électricité positive vers ces dernières. Si une goutte d'eau condensée est plus froide que l'air qui l'entoure, elle se charge positivement, l'air négativement et vice-versa. L'air humide en s'élevant se refroidit par expansion et les gouttes qui s'y forment, sont d'abord, en raison de leur chaleur latente, plus chaudes que l'air environnant. Ces gouttes se chargeront négativement: elles continueront à s'élever avec l'air jusqu'à ce qu'elles deviennent trop lourdes et restent en arrière. Elles se sépareront alors de l'air où elles se sont formées et les deux électricités jusqu'ici réunies seront libérées : le nuage sera chargé négativement dans sa partie inférieure et positivement au-dessus. Mais nos instruments n'indiqueront aucun changement dans le potentiel jusqu'à ce que le vent sépare les deux couches.

(¹) Arrhénius suppose que le soleil émet des particules matérielles; si elles sont opaques et suffisamment petites, la pression mécanique de la lumière dépasse la force de la gravitation et les projette dans l'espace. Elles sont arrêtées par les atmosphères des planètes, qu'elles entourent et suivent doivent comme des voiles. Dans notre atmosphère, elles s'arrêtent probablement à une altitude de 200 km, où l'air est extrêmement raréfié. Selon Arrhénius, ces particules sont chargées d'ions; les rayons ultra-violets les déchargent et produisent des rayons cathodiques. Ceux-ci sont déviés par les lignes de force magnétiques; ils ne pénètrent donc pas dans les couches inférieures de l'atmosphère, sauf au voisinage des pôles, où la direction des lignes de force du magnétisme terrestre est presque verticale. Les époques de fréquence maxima des aurores boréales, leur relation avec les périodes des taches solaires, la lumière zodiacale, le fait que le spectre des nébuleuses ne présente guère que les lignes de l'hydrogène, alors qu'on peut supposer qu'elles contiennent beaucoup de nos éléments, seraient d'accord avec cette hypothèse.

(²) *Pogg. Ann.*, t. X, p. 73, 1827 et *Ann. de Chim. et Phys.*, t. XXXIV, p. 5; 1827.

remarqué qu'une aiguille à coudre placée dans le voisinage d'un fil traversé par la décharge d'une bouteille de Leyde peut s'aimanter; quelques années plus tard Henry par des expériences semblables à celles de Savary fut conduit à croire au caractère oscillatoire de la décharge d'une bouteille de Leyde. Cependant Feddersen et Hertz se croyaient jusqu'en 1888, fixés sur la non-aimantation du fer par les champs rapidement oscillants. Mais les expériences plus récentes de J.-J. Thomson, Trowbridge, Klemençic, Marchand et Hemsalech prouvent, par différentes méthodes, que si l'on place un noyau de fer dans un pareil champ magnétique il y a accroissement de l'énergie absorbée et cela ne peut s'expliquer qu'en supposant que le fer est alternativement aimanté et désaimanté. D'autre part, Saint-John en comparant les self-inductions de deux circuits en cuivre et en fer a constaté que la perméabilité magnétique du fer est encore très grande avec des oscillations rapides.

L'auteur s'est proposé, dans le même mémoire, de montrer par une méthode directe comment l'aimantation induite dans le fer par des champs rapidement oscillants dépend de l'intensité et de la fréquence de ces derniers ainsi que du diamètre du fil employé.

On peut étudier facilement les relations qui existent entre ces quantités en employant successivement les deux méthodes suivantes :

1° Etude de la variation de l'aimantation dans un champ magnétisant constant mais dont la fréquence varie;

2° Etude de la variation de l'aimantation, en laissant la fréquence constante mais en altérant le champ magnétisant.

Suivant le cas, on obtiendra donc,

$$(1) \quad \left(\frac{\partial B}{\partial n}\right)_{H = \text{const.}} \quad \text{ou} \quad \left(\frac{\partial B}{\partial H}\right)_{n = \text{const.}} \quad (2)$$

en désignant par B le magnétisme induit (maximum), par n la fréquence d'oscillation et par H l'intensité maximum du champ.

Mais comment faire varier ces quantités? On sait qu'en déchargeant un conducteur de capacité C à travers un circuit contenant une self-induction L et possédant une résistance R, il naît dans ce circuit un courant oscillant i dont sa valeur au temps t est donnée par

$$i = \frac{2Q}{\sqrt{4LC - R^2C^2}} \cdot e^{-\frac{Rt}{2L}} \sin\left(\frac{\sqrt{4LC - R^2C^2}}{2LC} \cdot t\right),$$

où Q est la charge du condensateur au temps $t = 0$.

Si, maintenant, $\frac{R^2C}{4L}$ est très petit par rapport à l'unité, et c'est précisément ce qui arrive dans les expériences de l'auteur, l'équation précédente peut s'écrire sous la forme

$$i = \frac{Q}{\sqrt{LC}} \cdot e^{-\frac{R}{2L}t} \sin\frac{t}{\sqrt{LC}},$$

qui montre que i variera harmoniquement avec une fréquence

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$$

et avec des amplitudes décroissantes; l'amplitude maxima où on a $\frac{di}{dt} = 0$ a lieu pour

$$t = \sqrt{LC} \text{ arc tang } \left(\frac{2}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}\right);$$

mais, comme nous venons de le faire remarquer, $\frac{R^2C}{4L}$ est très petit pratiquement, et t peut alors s'écrire plus simplement,

$$t = \frac{\pi\sqrt{LC}}{2}$$

d'où

$$i_{max} = \frac{Q}{\sqrt{LC}}$$

Or, $Q = CV$, V étant la différence de potentiel entre les plateaux du condensateur avant la décharge, de sorte que

$$i_{max} = V\sqrt{\frac{C}{L}}$$

et si H est le champ maximum à l'intérieur de la bobine de self L nous avons

$$(3) \quad i_{max} = V\sqrt{\frac{C}{L}} = k\,H;$$

quant à la fréquence nous avons vu qu'elle a

pour valeur

(4) $$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Nous voilà donc renseignés, au moyen de ces équations, sur la marche à suivre : pour étudier la première relation (1) $\left(\frac{\partial B}{\partial n}\right)_{H = \text{const.}}$ il faudra faire varier n en laissant H constant ; or les relations (3) et (4) nous indiquent qu'il faut faire varier L et C mais de manière que $\frac{L}{C}$ soit constant.

Pour étudier la seconde relation (2) $\left(\frac{\partial B}{\partial H}\right)_{n = \text{const.}}$ les mêmes équations nous indiquent qu'il faut faire varier L et C mais de manière que leur produit LC reste constant.

Ces conditions ne peuvent pas être remplies exactement dans la pratique mais l'écart en est tellement faible qu'une simple interpolation suffit pour passer au cas idéal.

Mais comment déterminer la grandeur du courant maximum i_{max} et l'aimantation qui en résulte ? L'auteur emploie à cet effet la méthode de la déviation des rayons cathodiques (méthode de Braun). Pour le dispositif expérimental voir la figure 1.

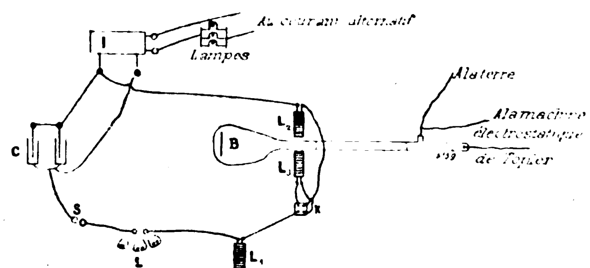


Fig. 1. — Dispositif expérimental.

On s'arrange de manière que, dans une première série d'expériences la déviation soit due uniquement au courant (maximum) magnétisant et dans une deuxième série d'expériences elle soit due à l'aimantation induite par ce dernier dans le fer.

Les noyaux en fer employés par l'auteur sont au nombre de quatre et sont composés de fils de fer gomme-laqués ou paraffinés et enfermés dans des tubes de verre. Voici d'ailleurs les constantes de ces quatre noyaux employés :

NOYAUX	NOMBRE de fils.	DIAMÈTRE des fils.	SECTION des fils.
		cm.	cm.
1	20	0,100	0,157
2	37	0,071	0,147
3	70	0,0525	0,152
4	409	0,0221	0,157

Voici maintenant les résultats obtenus, en désignant par δ_H la déviation cathodique obtenue par le courant magnétisant (maximum) et par δ_M celle due à l'aimantation induite dans le fer.

SELF-IND. cm.	CAPACITÉS cm.	FRÉQUENCES par sec.	δ_H	δ_M POUR LES NOYAUX N° 1	2	3	4
$0,55 \times 10^6$	2 430	130 700	23	7	10,5	16	23
0,55 »	3 810	104 300	27	10,5	14,5	20	30
0,55 »	4 760	93 300	32	12,5	17	22	35
0,55 »	6 080	82 600	37,5	14,5	19	25,5	39
0,55 »	8 510	69 800	44	16	21	28,5	44
1,32 »	4 760	60 300	22,5	11	15	18,5	26
1,32 »	7 030	49 600	26	13	17	22	32
1,32 »	8 510	45 000	29	14,5	19	25,5	35,5
1,32 »	10 090	41 400	37,5	19	23,5	28	41
1,32 »	13 150	36 200	43,5	21	26,5	34	48
16 »	1 480	31 000	36	19	23,5	29,5	41
24 »	1 480	25 300	36	20	24,5	31	42
24 »	1 480	25 300	29	17,5	22	28,5	36
38 »	1 480	20 100	17	13,5	17	21	25
46 »	1 480	18 300	26	18	22	28,5	35
46 »	2 430	14 300	34	23	28,5	34,5	44
24 »	3 060	17 600	47	26,5	32	40	53
46 »	3 060	12 700	37	28	34	40	47
96 »	3 060	8 820	29	23,5	30	36	42
153 »	3 060	7 000	22	21	25	29	33
46 »	4 640	10 300	44	30	38	46	55
96 »	4 640	7 150	30	28	34,5	40	44
153 »	4 640	5 540	27	26,5	32	37	40
263 »	4 640	4 320	21	23,5	27	31	35
96 »	6 220	6 200	44	36	42	52	55,5
153 »	6 220	4 900	35	32	38	44	47
263 »	6 220	3 730	27	28	33	37	40
153 »	6 220	4 200	44	42	47,5	55	56
COURANT DIRECT							
0,40 amp.		0	18	26	27	27,5	27
0,58 »		0	26	39	40	42	41
0,88 »		0	38	50	52	54	52,5
1,32 »		0	55	59	61	....	61,5

Dans les graphiques ci-dessous, H_0 désigne la force magnétisante ; elle a été calculée par la

formule ordinaire des solénoïdes :

$$H = \frac{4\pi n i}{10}$$

Le graphique 1 montre la décroissance de l'aimantation avec l'accroissement de la fréquence pour le noyau n° 2 dont nous avons donné les constantes dans le *petit* tableau de la page précédente.

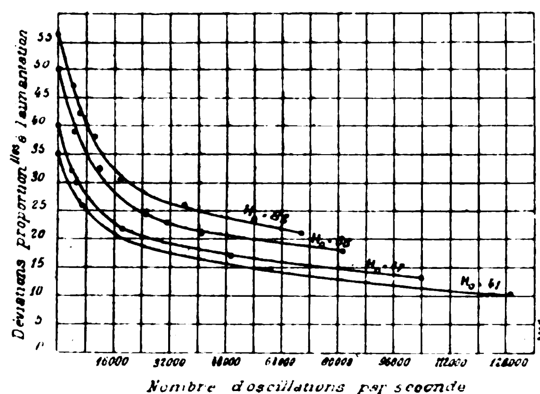


Fig. 2. — Graphique 1.

Le graphique 2 montre le décroissement de l'aimantation pour des diamètres différents du fil de fer, avec la même force magnétisante $H_0 = 66$ C. G. S.

Le graphique 3 montre enfin la relation entre l'aimantation et la force magnétisante pour un autre spécimen de fer, avec des courants directs ou oscillatoires de fréquences 10 000 et 20 000 par seconde.

L'auteur a, finalement, essayé de déduire de ces expériences la valeur de μ pour un certain échantillon de fer doux et pour 10 000 oscillations par seconde. Il a obtenu $\mu = 110$, valeur qui concorde absolument avec celle trouvée par Klemencic dans des conditions similaires mais par une méthode entièrement différente. Faisons remarquer que cette valeur de μ est beaucoup plus petite que celle de Saint-John qui a employé des oscillations plus rapides.

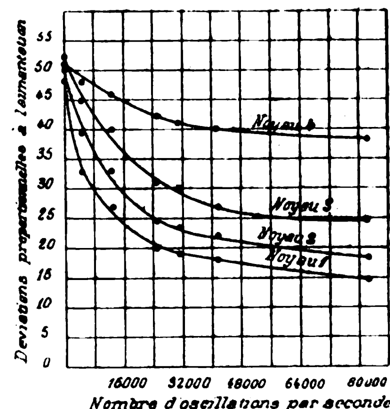


Fig. 3. — Graphique 2.

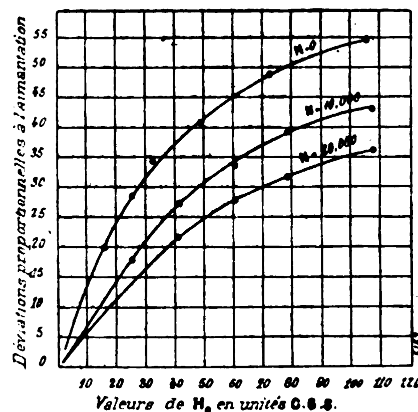


Fig. 4. — Graphique 3.

Eugène NÉCULCÉA.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

SECTION DE LONDRES

Séance du 25 mars 1902.

***Notes sur les machines à courants polyphasés*, par A.-C. Eborall.**

Dans cette communication, l'auteur présente quelques observations sur la construction et le fonctionnement des machines polyphasées de type usuel. Il réserve pour un travail ultérieur l'étude des derniers développements de cette branche de l'industrie électrique, tels que le compoundage des générateurs et les générateurs asynchrones.

Générateurs polyphasés de type courant. — L'expérience acquise dans la construction et l'usage des grands générateurs polyphasés a démontré que, pour les grandes puissances, le type à inducteur tournant est de beaucoup le mieux approprié, car il permet de concilier un effet de volant très énergique avec un poids relativement faible, grâce à la grande vitesse périphérique qu'on peut donner à la couronne polaire. Un autre avantage est l'immobilité de l'armature. Quant aux pôles, la pratique moderne exige qu'ils reçoivent tous un enroulement ; cette disposition est la plus avantageuse au point de vue des fuites magnétiques et de la distribution du flux inducteur.

Les générateurs à fer tournant ne conviennent qu'aux grandes vitesses, mais, dans ce cas, ils donnent de très bons résultats et l'auteur recommande de les accoupler aux turbines à vapeur.

L'étude suivante des générateurs à inducteur tournant porte principalement sur les grands alternateurs volants à faible vitesse.

Construction du système inducteur. — Les inducteurs des alternateurs de construction européenne sont en général établis de façon à servir de volant à la machine motrice. En Amérique, on adopte, au contraire, le système à volant séparé. Les alternateurs volants ont plusieurs avantages : construction compacte, allégement de l'arbre et des paliers, bonne ventilation. Mais pour les basses fréquences et les très grandes puissances, ils présentent des inconvénients qui doivent les faire rejeter [1].

En raison des grandes vitesses périphériques dont sont animés les inducteurs des alternateurs volants, il convient de les construire entièrement en acier coulé. On peut ainsi atteindre la vitesse de 40 m par seconde.

L'auteur passe ensuite à l'étude des pôles. Ici les opinions diffèrent : les pôles doivent-ils être entièrement feuilletés, ou entièrement pleins, ou se composer de noyaux pleins avec pièces polaires feuilletées ? Il faut se décider par la considération des enroulements induits. Si, comme cela se fait pour les grandes machines, les bobines induites sont enroulées sur calibre et placées dans des rainures ouvertes, il faut employer des pièces polaires feuilletées. Pour les noyaux, la question a peu d'importance. Les bobines inductrices sont formées d'un ruban de cuivre enroulé de champ ; cette disposition, due à M. Ferranti, est à la fois la meilleure au point de vue mécanique, pour la résistance à la force centrifuge, et la plus économique en cuivre. La longueur des pôles doit être assez faible pour ne pas donner lieu à des fuites magnétiques notables, et néanmoins suffisante pour assurer une surface de rayonnement convenable.

La façon ordinaire de fixer les pôles feuilletés à la jante du volant, au moyen d'un assemblage en queue d'aronde et d'un boulon passant dans un fort rivet carré est représentée dans les figures 1 et 2, qui se rapportent à un grand alternateur volant triphasé de 4 000 kilowatts, donnant 6 500 volts de tension aux bornes.

Si l'on adopte des pièces polaires feuilletées, comme paraît l'exiger la pratique actuelle, on se trouve privé des courants amortisseurs, favorables au couplage en parallèle, qui se développeraient dans des pièces polaires pleines. L'auteur se demande si l'on doit se préoccuper d'assurer d'une façon quelconque cet effet d'amortissement. La question doit se résoudre par la considération de deux éléments fondamentaux, qui forment la base de toute étude de la marche en parallèle des alternateurs : le moment moteur de la machine motrice et la fréquence du générateur. L'auteur montre que l'irrégularité périodique de la machine motrice doit être telle que le décalage géométrique d'un rayon du volant inducteur, par rapport au rayon

[1] Dans les alternateurs de très grande puissance (2 000 kilowatts et au-dessus), il devient nécessaire, pour maintenir les dimensions de l'arbre dans des limites acceptables, de diminuer autant que possible le poids qu'il supporte, d'où l'obligation d'imprimer au volant inducteur une grande vitesse périphérique. On est donc conduit à donner à la machine un diamètre très grand, ce qui pourra la rendre défectueuse au point de vue électrique. Ce sera par exemple le cas d'un alternateur à 25 périodes, marchant à 75 ou 85 t. : m.; le volant inducteur étant très grand et les pôles peu nombreux, la longueur des circuits magnétique et électrique sera trop grande, la machine sera d'une faible puissance spécifique. En règle générale, il faut munir d'un volant séparé les grands alternateurs à 25 périodes. D'autre part, dans les alternateurs à 50 périodes, on est naturellement conduit, en raison du grand nombre des pôles, à donner à l'inducteur un diamètre assez grand pour qu'il puisse servir de volant à la machine motrice : la combinaison des deux fonctions réussit alors très bien. Entre ces deux limites de fréquence, il faudra étudier chaque cas.

homologue d'un volant animé d'un mouvement uniforme, ne dépasse pas $\frac{2 \text{ à } 3}{p}$ degrés, p étant le nombre des paires de pôles. Pour une vitesse donnée, le nombre de paires de pôles étant déterminé par la fréquence, il faudra donc des moteurs d'autant plus réguliers, avec un effet de volant d'autant plus prononcé, que la fréquence de l'alternateur sera plus grande. On remarquera de plus que les moteurs à grande vitesse sont favorables au couplage en parallèle, puisqu'ils permettent de diminuer le nombre des pôles. La grande vitesse convient d'ailleurs au fonctionnement des générateurs polyphasés de tout genre et de toute destination.

Autre question connexe à la marche en parallèle : la réaction d'induit. L'auteur conseille de la déterminer de telle sorte, pour les grands générateurs à faible vitesse, que la chute de tension à pleine charge, à vitesse et excitation constantes, soit de 5 à 6 p. 100 pour un circuit non inductif et de 16 à 18 p. 100 pour un circuit inductif avec facteur de puissance égal à 80 p. 100.

Ayant déterminé l'irrégularité périodique admissible, l'auteur est conduit à se demander s'il faut la maintenir dans les limites voulues par l'effet de volant de l'inducteur seulement ou s'il faut recourir aux courants d'amortissement. Selon lui, les grands alternateurs à 25 périodes, conduits par des machines à vapeur, n'exigent pas d'amortissement ; les pièces polaires peuvent être feuilletées, et l'effet de volant de l'inducteur suffit. Au contraire, pour les alternateurs à 50 périodes, il y a grand avantage à recourir à l'amortissement, qui devient même nécessaire si la machine motrice est un moteur à gaz. Nous résumons en note [1] la description donnée par l'auteur des deux dispositifs usuels.

Construction de l'armature. — Dans la construction de l'armature des grands alternateurs-volants polyphasés, la rigidité est la principale qualité qu'on doit chercher à obtenir. Cette armature, formée d'une carcasse de fonte à laquelle est assemblée une masse de fer feuilleté et soumise à des efforts considérables dus à la pesanteur et à la force magnétique, ne doit néanmoins subir aucune déformation. On sait d'ailleurs que la force magnétique augmente beaucoup avec une décroissance de l'entrefer ; il faut donc que les dispositions prises pour assurer la rigidité de l'armature permettent aussi d'ajuster l'entrefer sur tout le pourtour, non seulement au moment de l'assemblage, mais aussi plus tard, afin de pouvoir compenser l'affaissement de la moitié inférieure de l'armature. On y arrive par la disposition suivante : on fait supporter la moitié inférieure de l'armature par des vérins reposant sur les fondations. La plus grande partie des efforts dus à la pesanteur est ainsi annulée par ces vérins, qui permettent, en outre, d'ajuster l'entrefer dans le sens vertical. Des vis de réglage horizontales, reposant sur le socle, permettent l'ajustage dans le sens latéral.

L'auteur mentionne, mais sans le recommander, le mode de construction par lequel on sup-

[1] Il existe deux procédés : l'un consiste à munir les pièces polaires d'une cage d'écureuil en cuivre, l'autre à pourvoir les bobines inductrices, à leur partie supérieure, de joues en cuivre ou en bronze, fortement épaissies en face des cornes polaires et que l'on étend de façon à les rejoindre les unes aux autres. Cette dernière méthode est la moins coûteuse et la plus efficace, mais la première a l'avantage de protéger la machine, au cas où l'excitation viendrait à manquer. Elle permet en effet de faire fonctionner l'alternateur en moteur asynchrone, en fermant la conduite de vapeur et en laissant la machine reliée aux barres collectrices. Les barres et les anneaux formant la cage d'écureuil devront donc être calculés de façon que l'alternateur, recevant le courant des barres collectrices et fonctionnant en moteur asynchrone, ait la puissance nécessaire pour continuer à tourner en entrainant la machine motrice. C'est

Fig. *a*.

cet amortisseur en cage d'écureuil qui est représenté dans la figure *a*. L'autre dispositif ne permettrait pas d'obtenir le même résultat.

prime la carcasse en fonte. Une machine ainsi établie, dit-il, sera forcément sujette aux vibrations.

La disposition de l'enroulement induit dépend de l'usage auquel on destine le générateur. Les induits à trous ont le grand désavantage d'exiger l'enroulement à la main des bobines, et l'auteur croit que pour cette raison ils deviendront de plus en plus rares. La tendance actuelle, en Angleterre, est d'employer comme conducteurs induits soit des barres auxquelles on a donné la forme voulue, soit des bobines enroulées sur calibre, et ces deux méthodes exigent des noyaux à rainures ouvertes. L'auteur donne sur ce point quelques détails que nous résumons en note [1].

Pour l'isolement des dents de l'induit, dans les grands générateurs à haute tension, on a ordinairement recours à la micanite. Pour les tensions inférieures à 5 000 volts, on peut se servir de tubes de papier comprimé. La difficulté, dans le cas des hautes tensions, n'est pas d'assurer l'isolement des dents, mais d'empêcher des arcs de s'amorcer entre l'extrémité des conducteurs et les parties métalliques non isolées les plus proches. Aussi doit-on prolonger les tubes isolants assez loin en dehors du noyau.

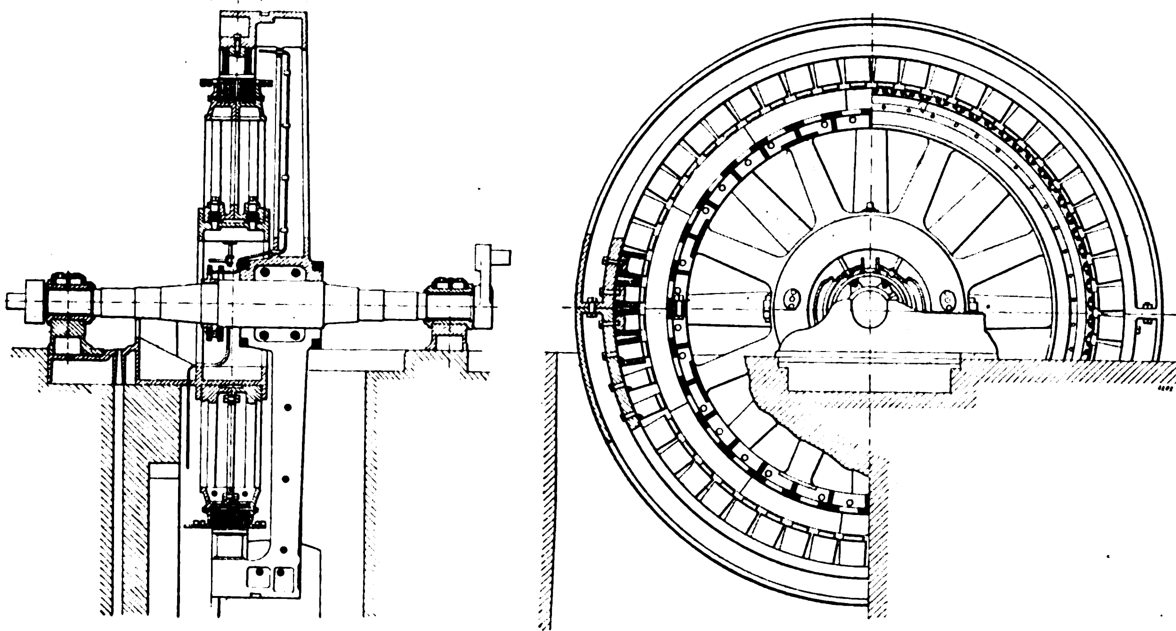


Fig. 2 et 3.

Moteurs polyphasés de type courant. — *Moteurs synchrones.* — Les propriétés caractéris-

[1] Quand on emploie des bobines enroulées sur calibre, on limite ordinairement à deux le nombre des rainures par pôle et par phase. Une rainure unique plus grande vaudrait mieux au point de vue mécanique et économique, mais cette méthode n'est pas recommandable. La distribution de l'enroulement dans un petit nombre de rainures entraîne en effet des variations de flux, des fuites magnétiques et un ronflement plus forts; elle donne lieu, surtout, à une troisième harmonique plus accentuée dans l'onde de force électromotrice. Or, on doit s'efforcer, dans la construction des grandes machines, d'écarter ces harmoniques supérieures, qui augmentent les pertes et compromettent les isolants par les élévations de tension auxquelles elles donnent lieu. L'expérience a montré que, dans tous les cas, l'onde de force électromotrice sinusoïdale est celle qui convient le mieux. Avec les induits à barres, on obtient facilement cette forme d'onde, en distribuant l'enroulement dans des rainures nombreuses et relativement petites. La déformation de la courbe de force électromotrice entre la marche à vide et la pleine charge sera moindre avec cette disposition qu'avec les bobines enroulées sur calibre et distribuées dans une ou deux rainures par pôle et par phase. Mais il est clair que les induits à barres ne peuvent être employés avantageusement que dans les très grands générateurs à haute tension ou dans les générateurs à basse tension. Pour les autres machines, il est ordinairement nécessaire d'employer des bobines enroulées sur calibre, placées dans deux rainures par pôle et par phase quand c'est possible.

tiques d'un moteur polyphasé de cette classe sont les suivantes :

a). Il faut l'amener à la vitesse normale, l'exciter, puis le synchroniser, avant de le brancher sur le réseau.

b). On peut rendre le facteur de puissance du moteur égal environ à 100 p. 100 à toute charge, par des modifications légères de l'excitation.

c). En surexcitant le moteur, on peut le faire fonctionner à pleine charge avec un fort courant déwatté en avance sur la tension aux bornes.

d). A fréquence constante, la vitesse est constante.

e). La marche du moteur est affectée par l'irrégularité périodique des machines motrices de la station centrale.

f). Le rendement du moteur est élevé et ne décroît que lentement avec la charge ; sa capacité de surcharge est très satisfaisante.

L'auteur développe les conséquences de ces propriétés. Il rappelle par exemple, qu'on peut utiliser les moteurs asynchrones pour annuler les courants décalés en arrière auxquels donnent naissance les moteurs synchrones et les lampes à arc, ou pour compenser la chute de tension qui se produit sur une longue ligne de transmission, du moins quand le circuit d'utilisation est inductif ; (au cas contraire, on n'obtiendrait ainsi qu'une augmentation des pertes).

La constance de la vitesse des moteurs synchrones à fréquence constante est un grand avantage pour le genre de travail auquel on destine ordinairement ces moteurs. Mais leur vitesse varie proportionnellement à celle des générateurs et ils sont sensibles non seulement à la variation du nombre de tours de ceux-ci, mais aussi à la variation de la vitesse pendant un tour. Il est donc nécessaire que le réglage de la vitesse par tour dans les machines motrices soit aussi exact que possible, sinon les moteurs synchrones seront sujets aux oscillations. Il sera bon aussi de munir d'amortisseurs les pôles du moteur synchrone ; si ceux-ci sont feuilletés, si les moteurs sont de grandes dimensions et alimentés par des groupes électrogènes à faible vitesse, les amortisseurs sont même indispensables.

L'emploi des moteurs synchrones polyphasés est indiqué dans le cas où il importe d'avoir une vitesse constante, un facteur de puissance maximum et (peut-être) des courants décalés en avant, et où les complications du démarrage ne tirent pas à conséquence. Les grands moteurs synchrones conviennent donc très bien aux sous-stations, pour la conduite des génératrices à courant continu, car dans ce cas les difficultés du démarrage et de la synchronisation disparaissent. Dans les distributions de force motrice et pour les usages auxquels conviennent les moteurs synchrones, ils sont préférables aux moteurs d'induction, à partir d'une puissance de 200 chevaux par exemple. Il y a, bien entendu, des services, comme celui des pompes, pour lesquels on ne peut songer aux moteurs synchrones, et, en outre, pour les puissances faibles et moyennes, c'est le moteur asynchrone qu'il faut adopter.

Moteurs asynchrones. — Ils ont sur les précédents plusieurs grands avantages : leur démarrage est simple, énergique, économique ; ils ne demandent pas de courant continu, et l'on peut régler leur vitesse. Ils leur sont inférieurs sous d'autres rapports, à cause du courant relativement intense qu'ils absorbent à vide et de leur facteur de puissance qui est plus bas, particulièrement à moins de 3/4 de charge. L'auteur laisse de côté ces caractères bien connus aujourd'hui et traite deux points particuliers :

Le premier point est le démarrage des moteurs d'induction destinés à des usages industriels autres que la traction. Le moteur asynchrone pourvu d'un rotor en cage d'écureuil est l'idéal pour celui qui l'emploie, en raison de son bas prix et de sa facilité de manœuvre ; les dépenses d'entretien sont d'ailleurs négligeables. Mais il est loin d'être aussi satisfaisant au point de vue des intérêts de la distribution d'énergie. En raison de la faible résistance du rotor, il n'y a, pour limiter le courant de démarrage, que les fuites magnétiques entre les pôles du stator et l'abaissement de la tension aux bornes du moteur. Aussi le couple de démarrage, proportionnel au flux utile et au courant dans le rotor, sera faible, quoique le courant de démarrage soit très intense ; de plus, ce courant aura une forte composante déwattée, nuisible au réglage de la tension sur le réseau. Pour ces raisons, l'auteur conseille de ne permettre l'usage des moteurs asynchrones à induit en cage d'écureuil que pour les puissances inférieures à 5 chevaux, si les moteurs doivent

démarrer en charge. S'ils doivent démarrer à vide, on peut les employer jusqu'à la puissance de 8 chevaux. — Quant aux moteurs munis de bagues et de résistances auxiliaires, ils ont un démarrage aussi énergique et aussi économique

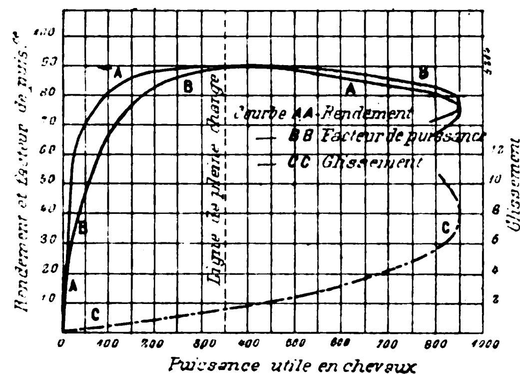


Fig. 3.

que celui des moteurs à courant continu excités en dérivation.

Le second point traité par l'auteur est le grand avantage des basses fréquences pour les moteurs à faible vitesse. Cet avantage est mis en lumière par un exemple tiré de la pratique. Les courbes des figures 3 et 4 se rapportent à deux moteurs de faible vitesse, l'un de 350 chevaux, l'autre de 115. La fréquence du premier est de 21 périodes par seconde, celle du second, de 42. La comparaison entre ces deux moteurs est établie dans la table ci-dessous :

PUISSANCE NORMALE (en chevaux).	350	115
Vitesse à vide	315	210
Fréquence	21	42
Tension aux bornes	500	250
A pleine charge — Intensité par phase	373	289
A pleine charge — Rendement	90 p. 100	87 p. 100
A pleine charge — Facteur de puissance	90 »	79 »
A pleine charge — Glissement	1,5 »	3 »
Charge maxima avant le décrochage . . (en chevaux)	850	230
Poids net du moteur . . kg.	8730	6370
Dimensions (D × L) . . cm.	195 × 72	230 × 43

Cette table et les courbes d'essai montrent que le moteur à 21 périodes est de beaucoup supérieur à l'autre. Cette supériorité ne tient pas à sa puissance plus grande, mais au nombre anormal de pôles qu'on est obligé de donner au moteur à 42 périodes, pour abaisser sa vitesse à 200 t : m. (en charge). Les conséquences sont : un stator de grand diamètre, des pertes importantes dans le fer, des fuites magnétiques considérables

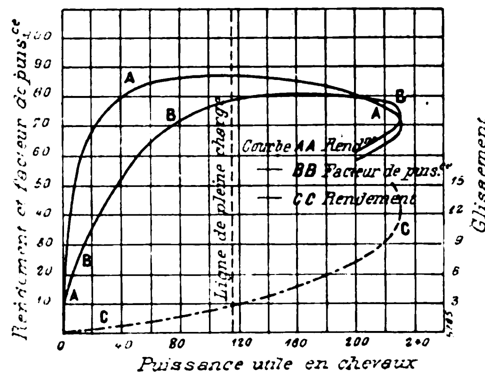


Fig. 4.

entre les pôles et une saturation trop faible des dents. C'est pourquoi il faut adopter une basse fréquence, 25 périodes par exemple, pour les distributions qui doivent alimenter des moteurs asynchrones à faible vitesse. P. Labrouste.

Section locale de Manchester

Séance du 28 janvier 1902.

La distribution de l'électricité en grand, par **H. Earle** d'après *Journal of Institut of El. Eng.*, t. XXXI, p. 884-923, avril 1902.

L'auteur espère dans cette communication, profiter de l'expérience des grandes compagnies de distribution d'énergie actuellement existantes, en Amérique et en Europe, pour établir les stations anglaises futures sur les bases les plus économiques et les plus efficaces. Les grandes stations énumérées par l'auteur sont indiquées dans le tableau de la page suivante.

Dans ces grandes entreprises, on utilise l'énergie d'immenses chutes d'eau et des tensions très élevées ; mais en Angleterre, la houille donnerait l'énergie à meilleur compte, et, comme on ne peut guère employer les lignes aériennes, des tensions aussi élevées ne seraient pas les plus économiques. Quelques entreprises de ce genre ont été autorisées par le Parlement anglais, en 1900-01 ; parmi les 9 citées par l'auteur nous remarquerons Lancashire, avec un capital de 100 millions, 5 stations génératrices, et une surface de 3000 km² environ. Le Parlement a réduit l'opposition que ces entreprises ont rencontrée auprès des compagnies locales ; l'auteur se propose seulement de discuter les arguments

COMPAGNIES OU STATIONS	PUISSANCE en chevaux.	TENSION EN VOLTS	PHASES et fréquence.	DISTANCE MAXIMA de la transmission.
Chèvres	18 000	5 500	2 — 45	5,5 km
Niagara	50 000	22 000	3 — 25	30 »
Saint-Laurent	75 000	2 200	3 — 25	
Paderno	13 000	13 500	3 — —	30 »
Vizzola	25 000	12 000	3 — 60	
Folsom (Californie)	4 000	11 000	3 — 60	35 »
Ogden (Utah)	5 000	26 000	3 — 60	65 »
Provo (Utah)	2 000	40 000	3 — 38	88 »
Hudson River C°	5 000	12 000	3 — 60	29 »
Montana	4 000	26 000	3 — 50	34 »
Redlands (Californie)	4 000	33 000	3 — 50	128 »

des gens qui jugent ces entreprises inutiles et par suite, improductives. L'objectif de ces dernières est de fournir l'énergie aux compagnies, aux concessionnaires de l'éclairage et des tramways, et aux grands consommateurs situés en dehors du ressort des stations centrales existantes. On aura une idée de l'importance du champ qui leur reste ouvert, quand on saura qu'il y a environ 200 stations en exploitation dans le Royaume-Uni, et qu'il y a, en outre, 270 concessions accordées dont la moitié à peine ont commencé leurs travaux. Il y a du reste, une foule de localités peu importantes qui ne sauraient s'imposer le sacrifice d'une station centrale.

Ainsi dans la sphère d'action de la Yorkshire Electric Power C° se trouvent 157 localités dont 11 seulement ont une station centrale, dont le coefficient d'utilisation est en moyenne de 11 p. 100; sur une population de 2,5 millions d'habitants, un million est dépourvu d'énergie électrique. Dans le ressort de cette compagnie, il existe 27 000 usines et ateliers, exigeant une puissance de 2 millions de chevaux ; c'est donc sans présomption, que cette entreprise projette une usine de 100 000 chevaux.

Parmi les divers éléments d'une telle étude, quelques-uns sont déterminés par les règlements du Board of Trade, qui a fixé la tension maxima à 3 000 volts, et n'a autorisé qu'exceptionnellement des tensions s'élevant à 11 000 volts, bien suffisantes, selon l'auteur, pour une transmission à lignes isolées. Dans l'ensemble du système, il y a à considérer la nature de la demande d'énergie, sa destination, sa distance, la quantité à transformer ou à « convertir ». Pour la fréquence, celle de 25 est mieux appropriée aux commutatrices, mais celle de 40 semble la plus économique. L'auteur s'attache spécialement à l'étude de la Yorkshire Power C°; elle possède quatre stations, situées la plupart dans des centres houillers et industriels; la distance maxima de transmission sera de 19 km; chaque station sera de 25 000 chevaux, et l'auteur compte que la puissance sera répartie de la façon suivante :

15 p. 100 pour tramways et chemins de fer légers. Coefficient d'utilisation = 50 p. 100.
60 p. 100 pour moteurs. Coefficient d'utilis. = 30 p. 100.
25 p. 100 pour concessionnaires de l'éclairage. Coefficient d'utilisation = 11 p. 100.

soit une moyenne de 28 p. 100 pour le coefficient d'utilisation générale; l'auteur adopte 25 p. 100. On admet que 20 p. 100 de l'énergie pourra être vendue sans transformation, dans un rayon de 5 km. Chaque station comprendra 4 groupes de 5 000 chevaux et 5 de 2 000, et le coût de chaque station se répartira comme suit :

Terrain et constructions	760 000 fr
Chaudières, condenseurs, pompes, etc.	3 000 000 »
Tableaux, survolteurs et câbles à la station.	750 000 »
Moteurs, génératrices et excitatrices	3 750 000 »

soit 8 250 000 pour une station et 33 millions pour les quatre.

Quant aux canalisations, il est certain que les prescriptions du Board of Trade conduisent à des épaisseurs d'isolation excessives (kilovolts × 1,25 mm); l'auteur s'y conformera néanmoins. La question de la mise à la terre du centre de l'étoile devra être examinée spécialement [1].

[1] Avec 10 000 volts entre conducteurs, si le centre de l'étoile est à la terre, il y a 5 775 volts entre chaque conducteur et la terre, si le centre est isolé, il n'y en a que 5 000, à condition que l'isolement des 3 conducteurs soit le même, ce qui n'a jamais lieu; aussi sera-t-il prudent de compter sur une tension de 10 000 volts entre conducteurs et la terre.

Le fait de laisser le centre de l'étoile isolé augmente l'isolation et, par suite, le prix du câble tout posé d'environ 7 p. 100, et entraîne une dépense annuelle de 2 000 fr.

L'auteur étudie ensuite l'influence du voltage, de la perte en ligne, de la densité de courant, de la longueur des câbles sur le coût de la canalisation. Les courbes dressées par l'auteur montrent l'augmentation rapide de la dépense avec le voltage (3 000 — 11 000) pour une section de cuivre donnée; d'autres courbes montrent les variations du prix avec la section pour un voltage donné; enfin, en se donnant, soit la densité de courant, soit la chute de tension par kilomètre, on obtiendra le courant, la section et le prix par kilomètre, suivant le voltage, pour une puissance donnée à transmettre. On en déduit le voltage le plus économique pour chaque transport d'énergie; ces points de tensions économiques sont situés sur une droite. Pour 100 kilowatts, avec une densité de courant de 1,55 ampère par mm^2, la tension la plus économique est de 6 000 volts; si on prend une chute de tension de 1 p. 100 par mille (1609 m), cette tension est de 8 000 volts; mais les prix par mille de canalisation sont sensiblement les mêmes (15 500 et 15 750 fr). Les deux courbes correspondant à 1 000 kilowatts se coupent en un point correspondant à une tension de 7 500 volts et le prix est de 16 000 fr le mille (1 000 fr au kilomètre). Le prix du câble complètement posé s'établira comme suit :

Câble	16 000 fr
Tranchée.	2 200 »
Conduit en fer, pose, bitume. . . .	6 600 »
Transport dû câble à pied d'œuvre.	1 750 »

ce qui porte à 25 000 fr en chiffres ronds le mille de câble posé (15 200 fr le kilomètre) ([1]).

Le Board of Trade fixe à 1 000 kilowatts la puissance maxima que doive transporter un câble; l'auteur trouve que deux câbles transportant 2 000 kilowatts chacun ne coûteraient pas plus que trois câbles de 1 000 kilowatts ([2]).

([1]) L'auteur estime que la densité de courant de 1,55 par millimètre carré n'est pas trop forte en la prenant pour la charge maxima ; avec une chute de voltage de 1 p. 100, elle donne lieu à une perte de 10 kilowatts par mille (1609 m). On ne peut pas songer ici à appliquer la règle de Thomson, à cause du prix élevé de l'isolation ; elle conduirait à un échauffement inadmissible.

([2]) En France, la puissance transportée par câble va jusqu'à 8 et 10 kilowatts maxima (N. D. L. R.).

L'auteur examine ensuite l'intéressante question suivante : est-il plus économique de transporter le charbon dans les centres à alimenter et d'y ériger les stations, que de transporter l'énergie électrique depuis le centre houiller. Sa conclusion est que, en transportant 1,25 million de kilowatts par an, à 16 km, avec un coefficient d'utilisation de 25 p. 100, et en les transformant, dans une sous-station, à la tension et dans l'espèce de courants désirés, on n'augmente que de 2 centimes le prix de revient du kilowatt produit.

Le coût des sous-stations est établi de la façon suivante : sur les 100 000 chevaux nominaux de la station génératrice, 50 000 kilowatts restent à traiter par les sous-stations (rendement de 84 p. 100, et 20 p. 100 de l'énergie n'étant pas transformée), soit 25 stations à 2 000 kilowatts, comprenant 25 p. 100 de commutatrices, à 100 fr le kilowatt, 40 p. 100 de transformateurs à 50 fr le kilowatt, et 35 p. 100 de moteurs génératrices à 112 fr le kilowatt. En comptant les groupes de réserve, survolteurs, tableau, câbles et bâtiments, l'auteur évalue à 5,75 millions le coût des 25 sous-stations. Le coût total de l'entreprise s'établira comme suit :

4 stations génératrices à . .	8 250 000	33 000 000 fr
Lignes principales	8 750 000	
» de distribution . . .	8 750 000	22 500 000 »
» de service	5 000 000	
Boîtes de distribution		250 000 »
Sous-stations		5 750 000 »
Dépenses de fondation, matériel divers .		1 500 000 »
Fonds de roulement.		3 650 000 »
Total.		66 650 000 fr

Soit 1 066 fr par kilowatt pour les 62 500 kilowatts installés.

Avec un coefficient d'utilisation de 25 p. 100, la production annuelle sera de 140 millions de kilowatts-heures, dont le prix de revient sera de 6 025 000 fr, soit 4,13 centimes par unité produite. L'auteur indique pour la dépense totale les chiffres suivants :

Dépenses à la station	6 025 000 fr
Lignes principales	419 000 »
Sous-stations.	881 000 »
Lignes de distribution et de service.	619 000 »
Dépense annuelle.	7 944 000 fr

Pour établir la perte en ligne, l'auteur a tablé sur 1000 kilowatts, transportés à 16 km à 75 000 volts, avec une chute totale de 10 p. 100;

pour une production de 1 100 kilowatts, avec un coefficient d'utilisation de 25 p. 100, la perte minima sera de $110 \times 0,25^2 = 7$ kilowatts; la perte maxima, pour six heures de marche par jour, sera de 600 kilowatts-heures, la moyenne sera de 414 kilowatts-heures par jour, ou 41,4 par jour et par mille (1609 m). Pour 350 milles de lignes, on a une perte totale de 5 250 000 unités. En admettant que la station fonctionne à 3/4 de charge, avec la répartition indiquée au début, et que les rendements, dans ces conditions, des commutatrices, moteurs génératrices, transformateurs sont respectivement de 90, 87, 97,5 p. 100, le rendement combiné de la station sera de 92 p. 100. On admettra une perte de 2 p. 100 dans les lignes à courant continu distribuant directement dans le voisinage de la station 20 p. 100 de la production; et on arrive ainsi à 123 700 000 unités vendues; dont le prix de revient total est calculé par l'auteur à 7 943 750 fr, soit 6,2 centimes le kilowatt-heure.

D'après les règlements anglais, concernant ces entreprises, le kilowatt-heure doit être vendu aux concessionnaires de distribution d'électricité 0,30 fr pour moins de 100 heures par trimestre de leur demande maxima, 0,20 entre 100 et 200 heures, et 0,10 fr pour plus de deux cents heures; pour les particuliers, 20 p. 100 de plus. Avec son coefficient d'utilisation de 25 p. 100, l'auteur taxe les concessionnaires à 0,11 fr; ce qui laisse un bénéfice de 6 206 250 fr, soit un rapport de 4,5 p. 100 pour 16 660 000 fr d'obligations et 10,9 p. 100 pour 50 000 000 fr d'actions de participation.

Ces chiffres justifient, selon l'auteur, les plus grandes espérances pour ce genre d'entreprises.

Cette communication a été l'objet d'une discussion où se manifestent des divergences d'opinion au sujet des chiffres donnés par M. Earle, pour les dépenses de canalisation, les coefficients d'utilisation, etc. ; mais si plusieurs orateurs trouvent ces chiffres trop optimistes, il en est autant pour estimer le contraire. Malgré l'intérêt de cette discussion, nous ne pouvons que laisser à l'auteur le soin de réfuter les arguments de ses contradicteurs.

M. Wordingham ayant avancé qu'en transportant 1 000 kilowatts à 40 km, avec un coefficient d'utilisation de 25 p. 100 et un prix de 45000 fr par mille (1609 m) de canalisation, l'intérêt seul du capital immobilisé dans les câbles introduit une charge de 4,9 centimes par kilowatt-heure, tandis que le coût du transport de la houille correspond à 0,59 centimes seulement, M. Earle réplique que le taux d'intérêt et d'amortissement admis par M. Wordingham lui paraît exagéré (10 p. 100), qu'il maintient son chiffre de 25 000 fr. par mille de canalisation; en outre, il lui semble que la distance de 16 km est le maximum que l'on doive considérer dans ces grandes entreprises, et que, dans ces conditions, la densité de courant de 1,55 n'est pas exagérée, d'autant plus qu'un des orateurs a trouvé qu'elle ne conduisait pour des câbles sous caoutchouc qu'à une élévation de température de 5°5 C. seulement. De plus, d'après les chiffres de M. Wordingham, la consommation de houille par kilowatt-heure serait de 1,4 kg; or, d'après les résultats cités par M. Earle, pour l'exploitation de l'année 1901 des stations de Saint-Helens, Liverpool, Central London et Bolton, la moyenne est de 3,75 kg par kilowatt-heure produit; et pour les petites stations centrales qui constituent l'objectif des grandes entreprises en question ici, le chiffre de 4,5 kg serait plus exact.

Avec ces données, les coûts du transport de la houille et de l'énergie électrique sont pratiquement égaux (1,25 centime par kilowatt-heure).

L'orateur ne pense d'ailleurs pas que l'on puisse douter un seul instant que les petits concessionnaires ont plus d'intérêt à prendre l'énergie à une grande distribution, que de construire eux-mêmes leur station centrale. Quant aux particuliers, en actionnant électriquement leurs ateliers, ils se procurent des avantages considérables au point de vue de l'économie de place, de la rapidité et de la propreté du travail. L'orateur constate avec plaisir que son coefficient d'utilisation de 25 p. 100 a été généralement trouvé trop faible. Quant à la diminution du prix des câbles, il est bien certain qu'on peut réaliser une économie dans cette voie et que les règlements du Board of Trade sont exagérés; mais il rappelle qu'il ne faut pas seulement considérer, dans ces prescriptions, la question de la rupture diélectrique mais aussi une épaisseur suffisante pour présenter toute sécurité au point de vue mécanique.

P.-L. Charpentier.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXII. Samedi 27 septembre 1902 9e Année. — N° 39.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LA PRÉVISION DES ORAGES

Le problème de la prévision des orages peut être envisagé à deux points de vue bien distincts.

Le premier point de vue consisterait à déterminer à l'avance les conditions de formation d'un orage et à annoncer qu'elles sont réalisées, que par suite l'orage est en voie de formation et va naître. — Dans l'état actuel de nos connaissances en météorologie, on ne peut énoncer relativement à la question envisagée à ce point de vue que des observations d'ordre très général. Nos connaissances relativement à la formation des orages sont encore trop vagues pour que nous soyons susceptibles de préciser dans chaque cas particulier que les conditions de cette formation sont réalisées. — C'est d'ailleurs, sans nul doute, par l'étude des orages au moyen des dispositifs qui vont être décrits, que nous pouvons espérer résoudre le problème ainsi posé. — La comparaison des données obtenues par cette étude avec celles fournies par d'autres études météorologiques pourra, vraisemblablement, augmenter suffisamment nos connaissances pour nous permettre d'aborder le problème envisagé à ce point de vue général.

Le second point de vue auquel on peut se placer relativement au problème de la prévision des orages, sera celui qui va retenir ici notre attention. C'est le suivant : Un orage étant formé en une région de l'atmosphère, est-il possible, dès sa naissance, que, de points même fort éloignés du lieu de sa production, l'on puisse être averti de sa formation. Pourra-t-on suivre sa marche de manière à savoir si l'orage formé se rapproche ou s'éloigne du lieu d'observation ?

La solution du problème ainsi envisagé (qui est plus exactement celui de l'annonce de l'orage) peut présenter dans certains cas, un très grand intérêt pratique. Sans insister,

pour l'instant, sur cet intérêt, nous signalerons l'utilité que cette solution présente au point de vue purement météorologique.

L'un des premiers expérimentateurs qui ait utilisé le cohéreur à des expériences de communications télégraphiques sans fil, M. Popoff, songea à se servir du même tube à limaille comme appareil d'observation des orages.

M. Popoff (1) crût pouvoir déduire du fait que des cohéreurs attelés à des antennes de réception (véritables paratonnerres) étaient influencés par les décharges atmosphériques, que, suivant les prévisions de M. O. Lodge, les décharges atmosphériques présentaient le caractère de décharges oscillantes. — Nous savons aujourd'hui qu'un cohéreur n'est pas seulement sensible aux seules décharges oscillantes, aussi cette conclusion ne peut elle être acceptée d'une manière aussi exclusive. — Quoi qu'il en soit le fait qu'un cohéreur est sensible aux décharges électriques d'origine atmosphérique, qu'elles soient ou non oscillantes, légitime l'emploi de cet instrument pour l'étude des orages.

M. Boggio Lera (2) a cherché à inscrire les indications du cohéreur de manière à se rendre compte si l'orage annoncé s'éloignait ou s'avançait du lieu d'observation. Il associait à cet effet au cohéreur une suite de relais de sensibilités différentes. Le dispositif qu'il imagina ainsi sous le nom d'*électroradiographe* permettait, lorsque les décharges atmosphériques devenaient de plus en plus intenses, d'actionner un nombre de relais de plus en plus grand. — Les actions sur les relais se traduisent par l'inscription sur le tambour d'un enregistreur d'un trait d'autant plus large que les relais actionnés sont plus nombreux. — En utilisant l'électro-radiographe, M. Boggio Lera put observer et enregistrer la marche des orages qui se sont produits durant l'été de 1899 dans la région avoisinant Catane (Sicile).

En 1900 M. Th. Tommasina (3) a utilisé le cohéreur auto-décohérable à poudre de charbon qu'il a imaginé, pour l'observation des orages. — Comme appareil d'observation il se servait du téléphone. — Une pile sèche, un cohéreur et un téléphone placés à la suite les uns des autres formaient un circuit, relié d'une part au conducteur servant d'antenne, d'autre part à la terre. Le bruit que l'on perçoit dans le téléphone lorsqu'un orage lointain a lieu, donne l'illusion de se trouver transporté à proximité de l'orage de façon à pouvoir en suivre toutes les phases. Toutefois, ce dispositif que M. Tommasina appelle électroradiophone, ne laisse aucune trace de l'orage étudié et oblige l'observateur à une attention soutenue pendant toute la durée du phénomène qui doit être observé dans un local éloigné de tout bruit.

Tout récemment M. J. Fenyi (4) a utilisé le cohéreur qu'il a imaginé et qui se compose de deux aiguilles à coudre disposées en croix à l'observation des orages. Le Directeur de Haynald-observatoire a pu ainsi suivre et étudier tous les orages qui, pendant l'été de 1901, se sont produits dans un rayon de 100 km autour de Kalaska (Hongrie).

Indépendamment de ces applications directes du cohéreur à l'observation des orages, nous devons noter que tous les expérimentateurs qui ont établi des communications par les procédés de la télégraphie sans fil, ont constamment observé que, pendant les orages,

(1) Popoff. *Journal de la Société physico-chimique russe*, vol. 28-29, 1896.

(2) Boggio Lera. *Atti della Academia Gioenia di Sienza di Catania*, 20 janvier 1900.

(3) Th. Tommasina. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 26 novembre 1900; *Écl. Élect.*, t. XXV, p. 515, 29 décembre 1900. Voir A. Turpain. Les applications pratiques des ondes électriques, C. Naud, Paris 1902.

(4) J. Fenyi. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 27 janvier 1902; *Écl. Élect.*, t. XXX, p. 228, 8 février 1902.

leurs dispositifs récepteurs sont influencés par les décharges atmosphériques. Leurs appareils enregistrent alors des télégrammes atmosphériques dont les signaux leur permettent jusqu'à un certain point, par leur composition et leur espacement, de suivre les phases de l'orage qui les a produits.

Nous avons eu l'occasion cette année d'installer des dispositifs de prévision d'orage que nous allons décrire. Cette installation, qui a été faite sous les auspices du Syndicat agricole de Saint-Emilion (Gironde), avait pour but principal de compléter les moyens de défense contre la grêle par le tir au canon, moyens que les propriétaires de Saint-Emilion emploient avec quelque succès depuis plus de deux ans.

L'antenne est soutenue au moyen d'un mât disposé au point le plus élevé du domaine de Chateau-Pavie au sommet d'un tertre contre lequel est disposé le poste d'observation, qui a été aménagé dans des conditions de confort excellentes par l'aimable propriétaire de Chateau-Pavie, M. Ferdinand Bouffard, qui s'intéressait tout particulièrement à ces expériences.

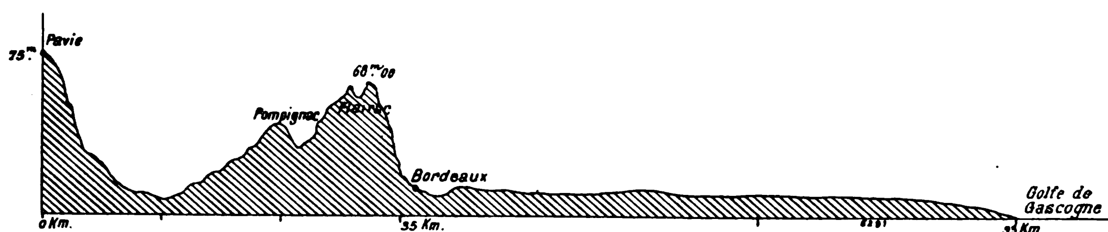


Fig. 1. — Coupe du terrain dans la direction O. S. O.-E. N. E.

Le choix du point culminant de Chateau-Pavie était particulièrement heureux. Dans la région de Bordeaux, en effet, les orages affectent une direction assez constante. En nous référant aux observations des orages de cette région réunies avec un très grand soin et pendant de nombreuses années par M. Lespiault, doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Bordeaux, nous savions que les orages se déplacent d'une manière presque constante dans la direction de l'O. S. O.-E. N. E. En particulier les orages qui assaillent le plus ordinairement Saint-Emilion naissent vraisemblablement dans le golfe de Gascogne, abordent la côte vers Arcachon traversent Bordeaux se dirigeant sur Libourne, Saint-Emilion pour se perdre dans le département de la Dordogne. L'orage met en moyenne 2 heures pour traverser le département de la Gironde, d'Arcachon à Saint-Emilion. Afin de nous rendre compte des obstacles qui se trouvent placés sur le trajet habituel de l'orage nous avons tracé la coupe du terrain dans la direction O.S.O-E.N.E. depuis le mât disposé à Chateau-Pavie jusqu'à la mer. Le pied du mât de Pavie se trouve à 75 m au-dessus du niveau de la mer et, ainsi que le montre le graphique représentant cette coupe de terrain (fig. 1), sur une longueur de 95 km environ, un seul coteau (Cenon) de peu de largeur d'ailleurs et d'altitude inférieure à celle de Pavie (68 m), se trouve interposé. Il n'était donc pas à craindre que les ondes d'origine atmosphériques soient assez notablement absorbées par d'importants rideaux d'arbres et de coteaux. Il semble au contraire qu'elles peuvent atteindre l'antenne disposée à Pavie, et cela dès leur production dans le golfe de Gascogne. A ce point de vue, la station choisie pour disposer l'antenne pouvait être considérée comme très favorablement placée.

Le mât, d'une hauteur de 15 m, permet de hisser à son sommet une vergue de 7 m de longueur, à l'une des extrémités de laquelle est fixée l'antenne. Cette fixation est faite avec de très grandes précautions d'isolement. A cet effet, une cloche de porcelaine C à fort iso-

lement (fig. 2) est fixée par un collier *c* à l'extrémité de la vergue V. Une tige d'ébonite *e* est soudée au soufre dans l'axe de la cloche ; cette tige soutient une cordelette parafinée *d* qui retient une seconde tige d'ébonite *e'* de 30 cm de longueur à laquelle est attachée l'extrémité du conducteur A servant d'antenne, au moyen d'une cordelette paraffinée *d'*.

L'antenne a été constituée successivement par un fil de cuivre nu de 2 mm de diamètre. et par une bande de toile métallique de 50 cm de largeur. L'élévation de la vergue soutenant l'antenne, et la disposition du poste d'observation au-dessous du tertre au sommet duquel le mât est fixé permet de donner à l'antenne une longueur de 28 m. L'antenne pénètre dans le poste en passant à travers une glace de 50 cm de hauteur et de 38 cm de largeur, au centre de laquelle elle est fixée par deux pièces de cuivre formant écrou, à chacune desquelles est soudé le fil conducteur.

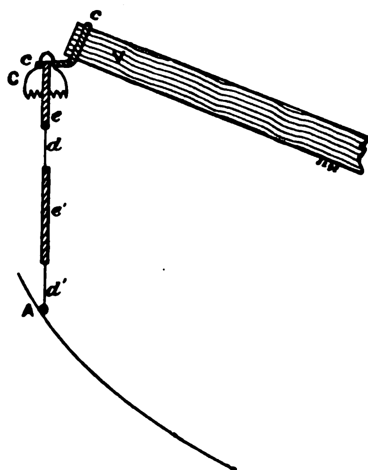


Fig. 2. — Suspension de l'antenne.

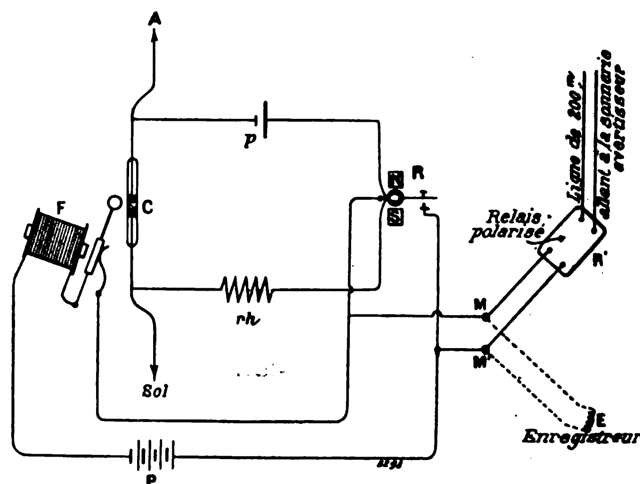


Fig. 3. — Schéma des connexions du poste.

Les appareils installés dans le poste d'observation, qui constituent le dispositif récepteur des ondes d'origine atmosphérique, sont représentés schématiquement dans la figure 3.

L'antenne A est reliée à l'une des électrodes d'un cohéreur C dont l'autre électrode est reliée au sol. Cette communication avec le sol est assurée au moyen d'un câble de paratonnerre enterré dans le sol et qui aboutit au fond d'un puits situé à 80 m environ du poste. Ce paratonnerre, établi avec toutes les précautions usuelles, constitue une condition de sécurité indispensable, un coup de foudre pouvant, en effet, frapper l'antenne.

En dérivation sur le cohéreur est inséré un circuit comprenant un élément de pile *p* et le cadre mobile d'un relais Claude R. Lorsque le relais est actionné, sa palette ferme le circuit d'une pile P qui actionne le frappeur F, chargé de décohérer par choc le cohéreur.

Cette même pile P est chargée de faire fonctionner l'avertisseur.

Comme le poste d'observation se trouve assez éloigné des habitations, il était nécessaire que l'avertisseur soit disposé assez loin de ce poste. Cet avertisseur est constitué par une forte sonnerie reliée au poste par une ligne télégraphique de 200 m environ. Le relais Claude commande un relais polarisé R' qui lui-même met en action la sonnerie. On ne pouvait songer, en effet, à actionner directement la sonnerie par le relais Claude étant donnée la délicatesse du contact de ce relais et l'intensité du courant nécessaire au fonctionnement de la sonnerie avertisseur qui donne naissance, à chaque rupture, à une assez forte étincelle.

Chaque fois que le cohéreur est influencé par une décharge atmosphérique lointaine la sonnerie avertisseur est actionnée. En général, tant que les appels sont peu fréquents et non prolongés, ils correspondent à un orage assez éloigné, et ne doivent faire qu'attirer l'attention. S'ils deviennent fréquents et prolongés ils correspondent à un orage qui se rapproche et qui vraisemblablement atteindra le lieu d'observation. On peut se débarrasser des appels isolés qui sont susceptibles de déranger inutilement les personnes chargées de surveiller l'avertisseur. Il suffit, à cet effet, de faire commander la sonnerie par

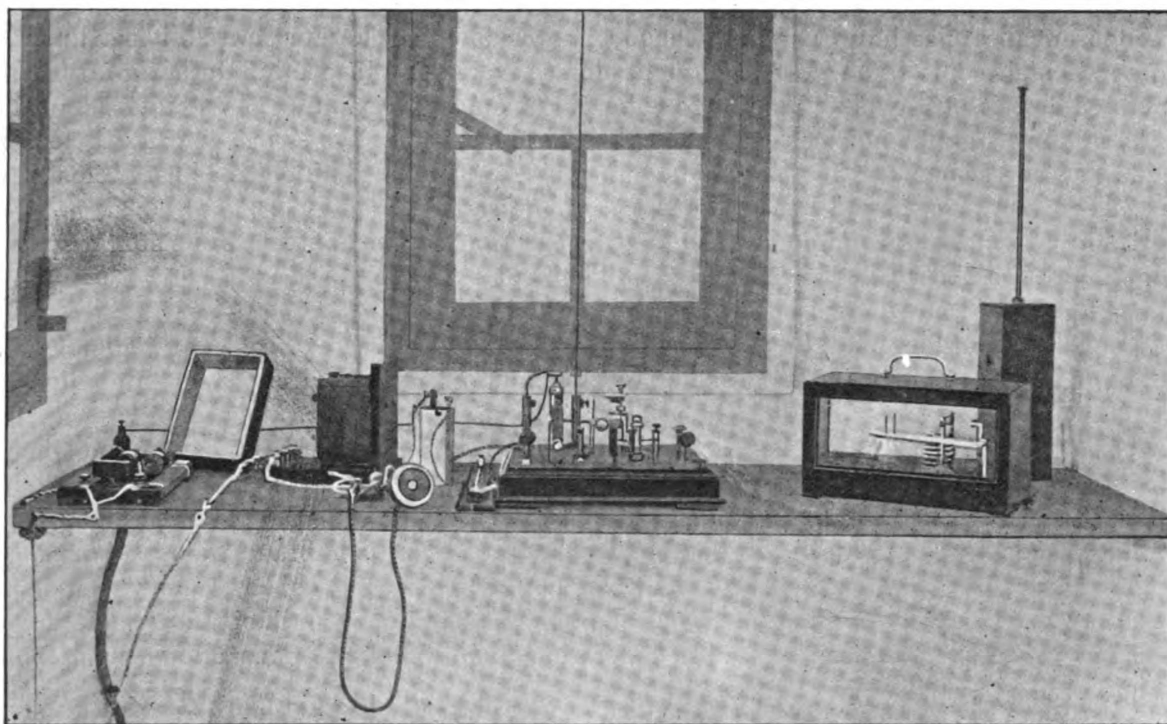


Fig. 4. — Appareils du poste.

un dispositif spécial qui ne la met en action que lorsque le cohéreur est impressionné d'une manière fréquente et prolongée. On y arrive aisément de la manière suivante : Chaque chute de résistance du cohéreur met en action un électro-aimant dont la palette ouvre un très petit orifice d'un réservoir de mercure et permet ainsi l'écoulement d'une petite quantité de mercure. Ce mercure tombe dans un entonnoir effilé porté par l'un des bras d'un fléau de balance convenablement équilibré. Le fléau ne peut basculer, et par là actionner la sonnerie avertisseur, que lorsque une quantité de mercure correspondant à 3 ou 4 ouvertures du réservoir, est contenue dans l'entonnoir.

L'inflexion du fléau et par suite l'appel ne se produira donc que si les impressions du cohéreur ont été assez fréquentes pour que l'entonnoir dont est muni le fléau n'ait pas eu le temps entre chaque impression d'évacuer la quantité de mercure reçue du réservoir et correspondant à l'impression précédente.

Tout en laissant le cohéreur susceptible d'actionner l'avertisseur on peut également le charger d'inscrire les impressions qu'il reçoit. Cette inscription qui, associée aux dispositifs d'appel ci-dessus décrits, constitue un très utile organe d'un préviseur d'orage disposé

dans le but de protection agricole, peut être considéré comme l'organe essentiel d'un préviseur d'orages destiné à des recherches météorologiques.

Pour produire cette inscription dans le dispositif que nous avons organisé à Château-Pavie, nous nous sommes servi d'un baromètre enregistreur de Richard. L'enregistrement se faisait sur le cylindre même qui sert à l'inscription des pressions barométriques. Un style commandé par un électro-aimant E relié aux deux bornes MM′ du dispositif de la figure 3, trace sur le papier de l'enregistreur un trait continu. Ce trait, sorte de ligne de foi, dessine un arc de la circonférence de section du cylindre enregistreur, et cela tant que le cohéreur n'est pas impressionné. Chaque impression du cohéreur se traduit par un trait perpendiculaire à la ligne de foi. On peut donc savoir par l'inspection de la ligne de foi, combien de fois et à quels moments le cohéreur a été impressionné. Il est intéressant de faire en sorte que les courbes tracées par le style du baromètre et par celui de l'électro-aimant se correspondent. L'observation d'un très grand nombre de courbes parallèles ainsi tracées permettra, sans nul doute, d'utiles comparaisons.

Les divers appareils que nous venons de décrire sont représentés tels qu'ils sont disposés dans le poste d'observation de Pavie, dans la figure 4.

La figure 5 donne une vue de l'ensemble de l'installation.

On peut enfin, lorsqu'un orage est signalé en suivre les diverses phases en s'aidant d'un téléphone simplement intercalé en série avec le cohéreur dans le circuit de la pile p (fig. 3). Le relais R est alors inutilisé. Ce procédé que nous avons très peu utilisé dans les expériences faites à Château-Pavie, par suite de l'attention soutenue qu'il nécessite, peut être utilement mis en œuvre dans les recherches météorologiques. On peut même lui associer un procédé d'inscription consistant à enregistrer par la photographie d'un faisceau lumineux convenablement dirigé les déplacements de la membrane du téléphone. Ce moyen d'inscription nous paraît cependant un peu trop délicat pour être employé avec un cohéreur chargé de desservir un préviseur d'orage. Les cohéreurs qui doivent être employés dans ces recherches doivent répondre à certaines conditions que nous allons maintenant examiner.

En réalité les décharges atmosphériques que le cohéreur d'un dispositif préviseur d'orages est chargé de déceler peuvent être comparées aux décharges que l'on produit entre les deux sphères d'un transmetteur de télégraphie sans fil, à cela près que ces décharges atmosphériques se produisent avec une mise en jeu d'énergie extrêmement grande comparée à celle utilisée dans les dispositifs de télégraphie sans fil.

On est donc amené à se servir pour les préviseurs d'orages de cohéreurs bien moins sensibles que ceux utilisés en télégraphie sans fil.

Les cohéreurs très sensibles sont en effet capables de déceler des décharges atmosphériques par trop lointaines pour être rapportées à des orages susceptibles d'atteindre le lieu d'observation. De plus, ils offrent l'inconvénient qu'alors même que l'orage est encore assez éloigné, l'action des décharges est assez violente pour mettre hors d'usage le cohéreur qui doit être tenu d'autant mieux à l'abri des puissantes décharges qu'il est plus sensible. Cet effet nuisible de l'orage sur les cohéreurs qu'ils soient sensibles ou non, explique le fait suivant fréquemment observé : Quand un cohéreur a fonctionné pour signaler un orage et qu'il n'a pas été soustrait suffisamment à temps aux décharges atmosphériques, par son insertion dans un étui métallique, on constate qu'il a perdu toute sensibilité. On doit donc vérifier la sensibilité du cohéreur après chaque orage en le soumettaut par exemple aux ondes produites par un radiateur portatif constitué par un simple trembleur.

Nous avons utilisé avec le plus de succès le cohéreur magnétique de M. Tissot, tel que

le construit M. O. Rochefort. On le disposait sur un des récepteurs de télégraphie sans fil, que cet habile constructeur a réalisé pour le service de la marine et que M. O. Rochefort avait très aimablement mis à notre disposition. Ce récepteur est muni d'un frappeur convenablement shunté. Il est représenté dans la figure 4, au-dessous de la glace dont le centre est traversé par l'antenne. Dans le circuit du cohéreur se trouve intercalé un rhéostat qui permet de donner au circuit une résistance convenable.

Le procédé d'inscription que nous avons décrit ci-dessus peut être utilisé non seulement pour permettre de savoir si le cohéreur a été impressionné, mais encore pour suivre d'une manière au moins approchée, la marche d'un orage. Il faut alors disposer un certain nombre [de cohéreurs de sensibilité différente et qui vont en croissant. Tous ces cohéreurs ont l'une de leurs électrodes réunie à l'antenne et l'autre au sol. Au lieu d'utiliser un nombre de relais égal à celui des cohéreurs on peut se servir d'un galvanomètre apériodique sensible dont les déviations sont d'autant plus grandes que le nombre des cohéreurs impressionnés est lui-même plus grand. Il est aisé de faire en sorte que ces déviations différentes soient utilisées pour actionner au moyen d'un nombre convenable d'électro-aimants autant de styles inscripteurs qu'on utilise de cohéreurs.

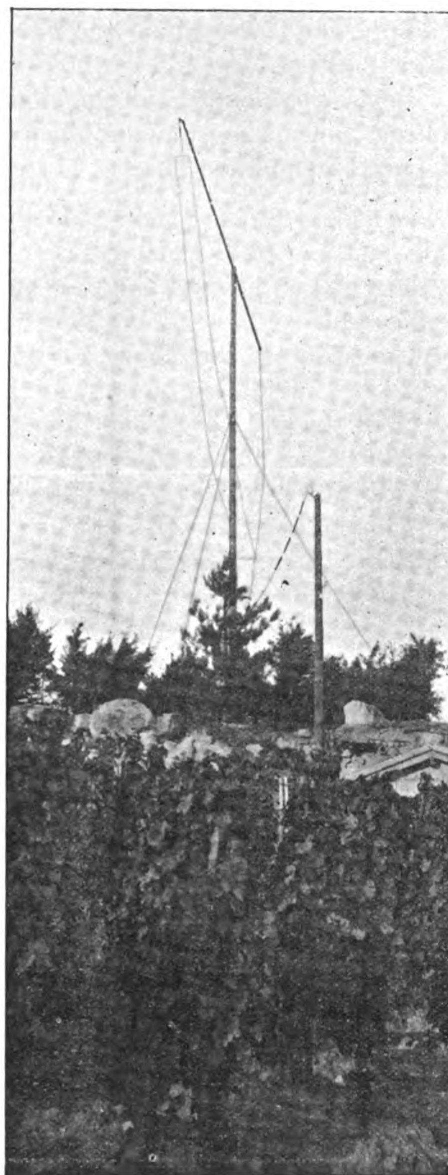


Fig. 5. — Vue de l'installation.

Si l'on emploie 4 cohéreurs que nous désignerons par 1, 2, 3 et 4 et dont les sensibilités sont telles qu'ils puissent être impressionnés par des décharges d'origine atmosphérique se produisant à 100, 200, 300 et 400 km du poste d'observation, on conçoit que l'observation des tracés produits par les 4 styles inscripteurs correspondant aux quatre cohéreurs permettent de savoir si l'orage annoncé comme éclatant à 400 km du lieu d'observation s'approche du lieu d'observation en se dirigeant sur lui où s'il suit une direction qui ne l'en approche que momentanément. Si l'orage suit la direction MM′ (fig. 6) les cohéreurs 4, 3, 2, 1 seront successivement impressionnés et ces impressions successives seront annoncées par l'observation des tracés correspondant à ces quatre cohéreurs. Ces tracés présenteront des indices d'impression à des époques différentes et de plus en plus rapprochées à partir du tracé relatif au cohéreur 1 jusqu'au tracé relatif au cohéreur 4. Si l'orage a cheminé suivant NN′ (fig. 6) la lecture des tracés relèvera l'impression successive des cohéreurs 4, 3, 2, puis 3 et enfin 4, indiquant ainsi que l'orage après s'être approché du préviseur jusqu'à entrer dans la zone comprise entre 100 et 200 km s'en est ensuite éloigné.

Nous nous proposons de réaliser ce procédé d'inscription des orages au moyen de

plusieurs cohéreurs de sensibilités graduées augurant bien de son emploi par les résultats que nous a fourni, au cours des expériences poursuivies à Château-Pavie, l'inscription au moyen d'un seul cohéreur actionnant un style inscripteur unique.

Pour terminer cette étude de l'application du cohéreur à la prévision des orages, nous indiquerons les résultats que nous avons obtenus à l'aide du dispositif qui a été installé à Saint-Emilion.

Les accidents qui sont inévitables dans toute période d'installation et d'essai ne nous ont pas permis de pouvoir observer tous les orages qui se sont produits dans la région depuis l'installation faite à Château-Pavie le 19 juin 1902. Sur cinq orages qui, dans la période s'étendant du 19 juin au 5 août 1902, ont atteint Saint-Emilion, trois seulement se sont produits alors que le préviseur était en état de les déceler. Ces trois orages ont été prévus 4 heures, 3 heures et 2 heures et demie avant leur arrivée au poste d'observation. De plus, deux orages qui, sans atteindre le poste, se sont produits à quelque distance, ont pu être décelés durant le temps pendant lequel ils étaient le plus rapprochés du lieu d'observation.

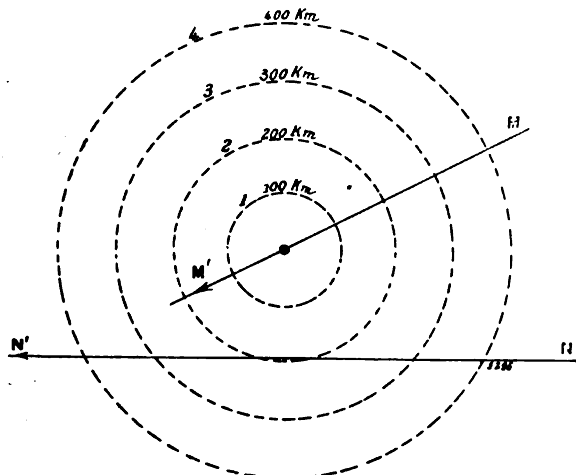


Fig. 6.

Parmi ces diverses observations nous signalerons en particulier celle qui a été faite le jour même où le préviseur venait d'être installé. A 11 h. 30 du matin, l'installation était à peine achevée que le cohéreur était fortement impressionné et nous crûmes tout d'abord devoir rapporter ce fait à une sensibilité exagérée du dispositif. Le ciel en effet était très serein et sans aucun nuage à l'horizon. A midi une sonnerie ininterrompue se fit encore entendre pendant quelques instants. A 1 heure nous entendîmes un premier coup de tonnerre lointain. De 2 à 3 heures de l'après-midi, de fréquents appels se firent entendre. A 4 heures l'orage éclatait sur Pavie et peut-être l'artillerie du domaine et des domaines environnants qui depuis quelques instants canonnait sans interruption les nuées, prévint-elle la chute de grêle qui paraissait imminente. Au moment où l'orage atteignait le poste, le cohéreur fut placé hors circuit et l'antenne mise en relation directe avec le sol par mesure de sécurité. Lorsque l'orage eût commencé à s'éloigner, il fut possible, en remettant le cohéreur dans le circuit, de suivre son éloignement pendant plus d'une heure.

A. Turpain.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS[1]

DISCUSSION SUR LE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES AUTOGÈNES D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS. — SYSTÈME DE L'AUTEUR

Le fonctionnement diffère notablement suivant que le système travaille avec une ou deux batteries d'accumulateurs.

Examinons d'abord ce qui se passe dans un système à simple batterie (fig. 23). Les arrêts sont les seuls moments où la tension aux lampes doit rester absolument constante; la résistance d'absorption étant en court-circuit, la tension aux lampes, si la batterie A est de 12 éléments, se tiendra à 24 volts à chaque arrêt, tant que la batterie ne sera pas épuisée. La résistance d'absorption peut être réglée à différentes valeurs, supposons qu'elle soit calculée pour absorber 4 volts, lorsqu'elle est traversée par un courant correspondant à l'allumage de toutes les lampes. Nous voyons d'abord qu'il faut que le débit total de la voiture reste constant, c'est-à-dire que si l'on veut éteindre ou mettre un certain nombre de lampes en veilleuse, il faut leur substituer une résistance équivalente. L'auto-régulation de la dynamo permet à la force électromotrice de varier peu pour de grandes variations de la vitesse, mais néanmoins cette force électromotrice augmente un peu avec la vitesse. Lorsque la conjonction se produit il y a 2,2 volts environ par élément aux accumulateurs, soit 26,4 ; la tension aux lampes est donc de $26,5 - 4 = 22,4$, c'est-à-dire que pendant les premières minutes il y a une baisse de lumière. Au fur et à mesure que la vitesse augmente, le courant de charge augmente assez fortement ; la tension des accumulateurs, si ceux-ci ne sont pas entièrement chargés, monte seulement jusqu'à 2,4 volts par élément, c'est-à-dire que la tension aux lampes ne s'élève qu'à $28,8 - 4 = 24,8$ volts et par fractions inappréciables à l'œil. A l'arrêt la tension retombant à 24 volts, il n'y a pas de variation sensible aux lampes. Mais il y a un autre facteur à considérer : c'est la saturation des accumulateurs ; au fur et à mesure qu'elle augmente la tension des éléments s'élève pour une même force électromotrice de la dynamo, et peut atteindre à pleine vitesse 2,7 volts par élément ; les lampes ont alors une tension de $32,4 - 4 = 28,4$ volts. Elles sont donc très poussées et s'il y a un arrêt brusque, il se produit aux lampes une chute de 28,4 volts à 25 et après quelques secondes 24 volts, soit 4,4 volts de différence ; la lumière baisse alors de plus de moitié pendant l'arrêt ; la transition est très désagréable, sans compter que les lampes survoltées se brûlent assez vite. J'ai pu constater personnellement sur des voitures Vicarino des survoltages encore plus considérables, notés et fixés par un voltmètre-enregistreur : la tension de 24 volts aux arrêts et de 23 volts à la conjonction est montée quelquefois à 30 et même 32 volts [1].

Le phénomène du survoltage est produit par la saturation des éléments ; il ne peut être évité qu'en réglant le débit de la dynamo, de façon que pour le trajet journalier considéré

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXXI, p. 341 et 428, 7 et 21 juin 1902, et t. XXXII, p. 417, 20 septembre 1902.

(1) On pourrait pallier aux effets de survoltage en augmentant la résistance R de façon à ce qu'elle absorbe par exemple 8 volts au lieu de 4 ; il n'y aurait alors plus de variation sensible aux lampes, (car $32,4 - 8 = 24,4$) si l'on marchait toujours avec des batteries surchargées, comme c'est le cas pour les trains de banlieue du London Brighton et du Great Northren dont il a été parlé précédemment ; mais comme les voitures isolées peuvent circuler aussi dans des trains à long éclairage, on constaterait alors une baisse de lumière pendant la marche puisque les lampes ne recevraient plus que $28,8 - 8 = 20,8$ volts.

la quantité de courant fournie par la dynamo pendant les périodes où elle est enclenchée, soit égale, mais jamais supérieure, à la quantité consommée pendant la durée totale du voyage. Si le voyage d'aller et retour se fait entièrement de nuit son débit moyen doit être plus fort que le débit des lampes d'une façon telle qu'elle restitue aux accumulateurs pendant la marche ce qui est dépensé par les lampes pendant les arrêts. S'il y a un parcours de jour dans le voyage, tout le courant étant employé pendant cette période à la charge des accumulateurs, le débit moyen de la dynamo doit être réduit. Il faut tenir compte aussi de ce que le débit réel de la dynamo n'est pas le débit moyen puisqu'il varie avec la vitesse. Si la dynamo est réglée trop bas, c'est-à-dire si la charge reçue par la batterie pendant un voyage est inférieur à sa dépense pendant les arrêts, même d'une faible quantité, le déficit s'accumule et la batterie se trouve épuisée au bout d'un certain temps, d'autant plus long que la capacité de la batterie est plus forte et que le réglage est plus voisin du point exact. Si la dynamo est réglée trop haut, l'inverse se produit : le survoltage des lampes apparaît au bout de quelques jours. Le réglage de la dynamo pour un parcours déterminé est très compliqué et ne peut être guère déterminé par le calcul [1].

On voit combien le réglage ou ajustement de la dynamo est délicat, pour un parcours déterminé, puisque la stabilité de fonctionnement n'est obtenue qu'au prix d'un réglage minutieux de la dynamo, qu'on ne se donne pas toujours la peine de faire avec beaucoup d'exactitude; même pour un parcours déterminé, si les conditions d'éclairage viennent à changer, par exemple si les heures d'allumage et d'extinction varient avec la saison, l'équilibre se trouve détruit et l'on observe assez vite un survoltage des lampes si la durée d'éclairage diminue sensiblement ou un épuisement des accumulateurs si cette durée augmente. On peut donc dire qu'on fonctionne toujours *dans un état d'équilibre instable entre le survoltage et l'épuisement.* Si le roulement des voitures éclairées, au lieu de rester invariable, varie fréquemment, fait qui se produit dans beaucoup de compagnies et toujours inopinément, il n'est plus possible de compter sur un fonctionnement régulier de l'éclairage, car on ne peut songer, lorsqu'il y a un grand nombre de voitures en service, à changer comme il faudrait l'ajustement de la dynamo intéressée, chaque fois qu'une voiture change de roulement. Dans ce cas, l'équilibre est constamment détruit et il faut s'attendre à constater tantôt des épuisements, tantôt des survoltages. Si l'Ouest, l'Etat et l'Orléans acceptent le fonctionnement de systèmes à simple batterie, c'est parce que ces systèmes fonctionnent sur des voitures d'un type spécial, affectées à quelques trains seulement et changeant très rarement de roulement, et si l'on n'observe pas souvent d'épuisement des accumulateurs l'éclairage y fonctionne souvent avec survoltage.

Au point de vue théorique il y a un moyen d'éviter complètement les survoltages, c'est de placer la résistance d'absorption R (fig. 24) avant les accumulateurs A au lieu de la mettre entre les accumulateurs A et les lampes L et de choisir cette résistance assez forte pour que, pendant toute la période d'éclairage, les accumulateurs ne soient jamais chargés mais au contraire se déchargent plus ou moins, travaillant en parallèle avec la dynamo pour alimenter les lampes : les lampes sont soumises alors à une tension constante ne dépassant jamais 2 volts par élément. L'instabilité de fonctionnement n'est pourtant pas supprimée, elle se trouve seulement limitée d'un côté ; il n'y a plus à craindre que l'épuisement, mais par contre cet incident peut se produire plus facilement. En effet, les accumulateurs fournissant alors du

[1] Il doit être fait avec diverses valeurs de l'excitation, en faisant chaque fois des relevés minutieux que l'on planimètre ensuite, sinon il faut attendre une période d'une dizaine de jours pour que le survoltage ou l'épuisement se manifeste, quand on n'est pas très loin du réglage exact.

courant, non seulement pendant les arrêts mais encore partiellement pendant toute la marche, ils débitent beaucoup et ils ne peuvent être rechargés que lorsque la dynamo tourne sans éclairer les lampes (avec bien entendu la résistance d'absorption enlevée). Le procédé est donc inapplicable pour les trains de nuit qui sont allumés pendant tout leur parcours, dans lesquels entrent précisément beaucoup de grandes voitures éclairées à l'électricité ; il ne peut être employé que lorsque les trains ont un parcours de jour suffisant pour restituer aux accumulateurs, pendant cette période, le courant qu'ils ont dépensé pendant toute la période d'éclairage. Il n'y a guère pratiquement que les trains de banlieue, comme celui de Saint-Pölten à Vienne où fonctionnait le système Dick, qui remplissent ces conditions, et encore M. Dick semblait-il craindre encore les épuisements puisque, peu de

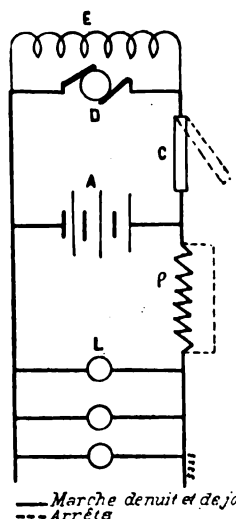


Fig. 23. — Schéma d'un système à simple batterie.

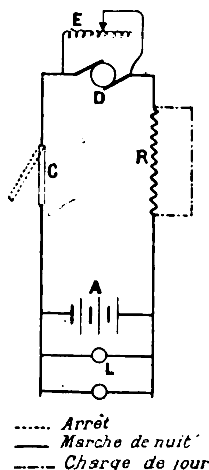


Fig. 24.

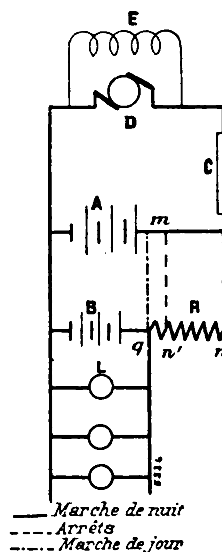


Fig. 25. — Schéma d'un système à double batterie.

temps après, il préconisait, même pour les trains de banlieue, l'emploi de deux batteries. C'est pourquoi le dispositif, qui a été appliqué pour l'éclairage des trains entiers, ne l'a pas été pour les voitures éclairées par dynamos isolées qui ne circulent jamais dans des trains de banlieue.

La solution théorique permettant d'éviter dans le système à batterie unique, à la fois les épuisements et les survoltages, consiste à ajuster le débit de la dynamo de façon qu'il soit assez fort et à faire varier la résistance d'absorption ρ (cette résistance étant intercalée en série entre la batterie A et les lampes L suivant le schéma de la figure 23), proportionnellement à la variation de tension aux bornes de la batterie A, de manière à ce que la différence de potentiel aux bornes des lampes reste constante; bien entendu cette variation de résistance doit être automatique. Il est impossible pratiquement de réaliser cette manœuvre à l'aide d'un appareil du genre solénoïde, à cause des trépidations et des limites trop étroites de fonctionnement (24 à 27 volts, par exemple). Mais on peut obtenir la variation automatique de la résistance d'absorption d'une manière différente à l'aide d'un dispositif tout nouveau, que j'ai eu l'occasion de voir fonctionner sur un train éclairé en bloc et que je décrirai dans un prochain article.

Dans les systèmes à 2 batteries (fig. 25) on peut, en réglant la résistance d'absorption R à

une valeur assez élevée, s'arranger de manière à ce que la batterie d'éclairage B ne reçoive jamais de charge et se décharge plus ou moins pendant toute la marche du voyage aller. La tension aux lampes reste alors constante et égale à 2 volts par élément, il n'y a donc pas à craindre de survoltage et on a le grand avantage de ne pas avoir à changer l'ajustement de la dynamo lorsque les parcours changent. Les épuisements sont moins à craindre qu'avec une seule batterie puisque même si la voiture circule entièrement de nuit la batterie qui a fourni du courant pendant la marche d'aller, non seulement n'en fournit plus au retour, après interversion des batteries, mais se trouve rechargée pendant toute cette période. Toutefois, si l'on veut être certain de ne jamais avoir de survoltage et ne pas avoir à toucher à l'ajustemen de la dynamo quel que soit le roulement de la voiture, il faut que le courant qui passe dans la batterie d'éclairage ne dépasse jamais la consommation des lampes, même lorsque la dynamo marche à sa vitesse maximum; il peut alors arriver que lorsque la voiture circule dans des trains moins rapides, sans parcours de jour, le débit de la dynamo ne soit plus suffisant pour compenser la dépense de courant des accumulateurs et que l'on observe des épuisements. Le cas s'est présenté, je crois, avec le système Stone, en Belgique, où l'on fait toujours travailler la batterie en décharge. M. Vicarino a l'intention de faire fonctionner dans les mêmes conditions son nouveau système à double batterie.

En France et je crois aussi en Angleterre, tous les équipements Stone ont la résistance d'absorption réglée de manière à ce que la batterie d'éclairage B reçoive un léger courant de charge, sinon pendant toute la marche, du moins à partir d'une certaine vitesse (pendant que la batterie A est en pleine charge). On ne risque guère alors d'avoir des épuisements de batterie, mais on retrouve le même inconvénient que dans le système à une batterie, c'est-à-dire que l'ajustement de la dynamo doit être très précis et ne peut plus être indépendant du roulement; donc, avec un ajustement unique, même bien établi pour un roulement à vitesse modérée on observera des survoltages si les voitures passent dans un train plus rapide ou comportant des parcours de jour plus grands. Il en résulte l'impression d'une baisse de lumière importante au moment des arrêts ; je sais que le fait se produit sur les voitures munies en France de l'éclairage Stone. Mais les fabricants et même les compagnies de chemins de fer préfèrent de beaucoup les survoltages, qui ne se traduisent que par une variation de lumière, aux épuisements, qui causent des détériorations sérieuses aux accumulateurs.

Aux causes générales de survoltage qui viennent d'être signalées, il faut en ajouter une autre, due à l'inégalité de traitement des batteries. En effet, la permutation des batteries s'effectue généralement au terme du voyage d'aller, mais souvent le voyage d'aller et celui de retour ne comprennent pas la même durée d'allumage ; avec le dispositif de la charge légère en marche de la batterie d'éclairage, la batterie qui correspond à la durée d'allumage la plus faible, et ce sera toujours la même, donnera lieu à une tension plus forte aux lampes; c'est-à-dire qu'il y aura survoltage plus grand tous les jours à l'aller qu'au retour par exemple. Avec le dispositif où la batterie d'éclairage n'est jamais en charge, l'inégalité des durées d'éclairage n'a pas cet inconvénient; elle peut au contraire avoir pour résultat de ne provoquer l'épuisement que sur une seule des deux batteries.

Les procédés d'interversion des batteries employés jusqu'à présent peuvent en outre, dans certaines circonstances défavorables, causer des survoltages et des épuisements, momentanés tout au moins. Avec les appareils Stone où la permutation dépend du sens de la marche, le fait peut se produire lorsqu'une voiture changeant de roulement repart dans le même sens qu'elle avait en rentrant de son dernier voyage. Si le train, par suite

de manœuvres variées, ne change pas le sens de sa marche à l'un ou aux deux terminus, la permutation automatique Stone, ne s'effectue pas et l'on doit la faire à la main par un commutateur spécial et l'on est alors à la merci d'un oubli des agents. Avec les appareils Vicarino, dans lesquels la permutation est faite à chaque allumage général, le fait se produira si dans l'un des terminus on tourne accidentellement le commutateur général pour une cause quelconque, essai, manœuvre intempestive d'agents, etc., parce qu'ensuite les batteries se trouvent rétablies dans l'ordre primitif sans que la phase inverse ait eu une durée appréciable ; le même phénomène peut se produire, non plus accidentellement, mais régulièrement dans certains parcours où l'un des voyages aller et retour se fait entièrement de jour et où l'on doit pourtant allumer les voitures pendant quelques instants pour la traversée d'un tunnel; il faut alors avoir recours à une manœuvre supplémentaire de l'interrupteur principal que les agents peuvent oublier. Dans le système Dick pour voitures isolées on ne cite pas de manœuvre spéciale pour intervertir les batteries, comme cela était indiqué pour le système d'éclairage à 2 batteries des trains en bloc, proposé en 1900 (la permutation était réalisée par la manœuvre d'un commutateur spécial) ; il est donc probable que la permutation s'effectue, comme dans le Vicarino, par la manœuvre du commutateur général d'allumage de la voiture.

J'ai appris tout récemment que la maison Stone avait, sinon appliqué déjà, du moins imaginé un nouveau procédé de permutation ; celle-ci se produit automatiquement, non plus à chaque changement de sens de rotation, mais à chaque arrêt de la dynamo. Ce procédé est certainement supérieur aux précédents ; les arrêts ayant lieu généralement après des périodes de marche à peu près égales et ne dépassant pas trois heures, les 2 batteries sont inversées beaucoup plus fréquemment et travaillent beaucoup plus également. Toutefois sur certaines lignes on rencontre, près des points de bifurcation, des périodes de marche très courtes succédant à de très longues qui donnent lieu à des inégalités de travail des batteries. Enfin, ces inégalités peuvent devenir très grandes et donner lieu à des épuisements dans le cas de permutations insolites dues à des manœuvres de garage effectuées à des vitesses supérieures à celle de la conjonction de la dynamo, ce qui est le cas dans les terminus où les trains sont enlevés tout formés des gares par une locomotive et emmenés à allure assez vive (plus de 20 km à l'heure) dans un garage situé à 5 ou 6 km.

En raison des inégalités très grandes des durées de charge de la batterie reliée directement à la dynamo, quel que soit le mode de permutation employé, les accumulateurs sont très souvent soumis à une surcharge pendant une partie de la marche, ce qui active la désagrégation de la matière active positive des accumulateurs, surtout si ceux-ci sont à oxyde rapporté [1].

---

[1] Pour remédier à cet effet fâcheux, certains constructeurs, tels que Dick et à présent Vicarino, font usage d'un limiteur de tension pour réduire le courant passant dans la batterie en charge directe, A (fig. 25), en abaissant de 2,6 à 2,2 par élément la force électromotrice de la dynamo, mais il en résulte que le courant qui passe dans le circuit de la batterie d'éclairage B, se trouve réduit en même temps notablement et par conséquent que cette batterie B doit fournir aux lampes le supplément de courant qui n'arrive plus de la dynamo. C'est là un phénomène réflexe qui n'est pas rationnel ; ce n'est pas parce que la batterie en charge directe A est saturée que la batterie en décharge B doit débiter davantage. Le phénomène est encore bien plus marqué avec le limiteur Kull, qui coupe entièrement le courant de la dynamo. L'enclenchement même du limiteur de tension ne se produit pas non plus d'une manière rationnelle ; le courant ne devrait être réduit que lorsque la tension aux accumulateurs atteint 2,6 volts pour cause de saturation ; cela serait si la force électromotrice de la dynamo restait constante, mais en réalité la variation de la force électromotrice vient troubler le fonctionnement ; l'expérience a montré que le basculement de l'appareil (qui reste ensuite collé jusqu'au prochain arrêt) se produit souvent uniquement parce que, dans un moment de marche à grande vitesse, une descente par exemple, la force électromotrice de la dynamo a monté d'une quantité telle que la tension aux accumulateurs a atteint 2,6, volts alors que

Dispositif de l'auteur avec double batterie à permutation périodique. — Ayant été à même de suivre de près et d'analyser le fonctionnement des divers systèmes d'éclairage électrique par appareils autogénérateurs, j'ai cherché à supprimer les inconvénients auxquels ils peuvent être sujets en raison de leur principe même et qui résultent, nous venons de le voir, de l'inégalité de traitement à laquelle sont soumises les 2 batteries d'accumulateurs. Je montrerai dans un instant que ce résultat est obtenu si la permutation des batteries est effectuée à de courts intervalles, après qu'elles ont été chargées pendant une heure par exemple ; cette permutation doit, bien entendu, se produire automatiquement et pendant la marche même du train. Pour obtenir ce résultat, ma première idée fut d'employer un compteur horaire électrique commandé soit par la dynamo, soit par le circuit d'éclairage, et qui, lorsque la dynamo aurait tourné pendant une heure ou bien lorsque les lampes auraient brûlé pendant une heure (les deux moyens sont à peu près équivalents), aurait produit le déclenchement d'un commutateur approprié; mais ce dispositif, qui exigeait l'emploi d'un servo-moteur électrique tel qu'électro-aimant ou solénoïde pour commander le commutateur, conduisait à un ensemble d'appareils un peu compliqué. En réfléchissant, je trouvai qu'il était beaucoup plus facile d'employer, au lieu d'un compteur horaire électrique un compteur de tours mécanique ; les appareils deviennent alors très simples et se réduisent à un commutateur armé par la marche même du train et qui est déclenché par une came lorsque la dynamo a fait un certain nombre de tours correspondant à une durée moyenne de marche d'une heure par exemple.

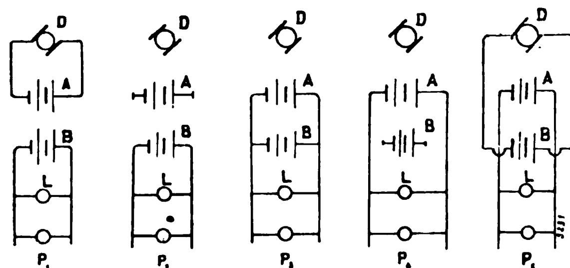


Fig. 26. — Système de l'auteur. — Premier dispositif.

Je crois l'idée nouvelle puisqu'elle a été acceptée comme telle par le bureau d'examen des patentes d'Allemagne et, sauf dans ce pays et en Belgique où j'ai pris un brevet à titre de document d'antériorité, je laisse à tous les industriels ou compagnies de chemins de fer la faculté d'utiliser cette idée s'ils la jugent utile et d'en réaliser l'application à l'aide des appareils qui leur paraîtront le plus convenables.

Le principe que je viens d'indiquer peut être utilisé de deux manières différentes. Le dispositif le plus élégant consiste à séparer complètement les deux batteries (fig. 26 position P_1) et à relier pendant la marche la batterie A à la dynamo tandis que la batterie B absolument isolée alimente les lampes. Afin de ne pas interrompre la lumière au moment de la permutation, le commutateur après avoir séparé la batterie A de la dynamo (position P_2), la couple pendant un instant en parallèle avec la batterie B sur les lampes (position P_3) puis détache la batterie B des lampes (position P_4) pour la relier à la dynamo (position P_5). Pendant les arrêts on peut assurer l'alimentation des lampes soit par la batterie d'éclairage B seule, soit par les deux batteries couplées en parallèle ; ce dernier mode de connexion n'a d'intérêt que si les voitures éclairées sont susceptibles d'avoir dans certains

les accumulateurs peuvent être encore presque vides. L'influence parasite exercée sur la batterie d'éclairage a pour résultat de faciliter l'épuisement des accumulateurs qui est déjà à craindre par le fonctionnement même des équipements, dans les systèmes à 2 batteries où la batterie d'éclairage est toujours en décharge (Dick et Vicarino nouveau) et à plus forte raison dans les systèmes à batterie unique tels que le Dick. Stone au contraire auquel le limiteur de tension serait moins nuisible puisqu'il marche souvent avec la batterie d'éclairage en faible charge ne l'emploie pas, probablement parce qu'il a jugé qu'il valait mieux fatiguer les accumulateurs que de compliquer l'installation et le fonctionnement du système.

trains (le cas arrive sur certains réseaux) des arrêts durant de une heure à une heure et demie, de manière à ne faire débiter à la batterie d'éclairage B que la moitié de la consommation correspondant à ces arrêts; encore la précaution n'est-elle pas bien utile parce que les accumulateurs étant rechargés fréquemment peuvent supporter sans aucune crainte d'épuisement la dépense totale de courant pendant les arrêts même prolongés. Théoriquement les batteries peuvent être très petites : il suffit qu'elles puissent fournir le courant consommé par les lampes pendant une période correspondant à l'intervalle de marche des interversions, soit une heure par exemple, plus celui consommé pendant la plus grande période d'arrêt que l'on puisse rencontrer dans cet intervalle d'une heure, soit une heure en général et deux heures au grand maximum pour certains réseaux, ce qui donne, au total une capacité de deux ou trois heures par batterie. Mais avec ce chiffre, comme la dynamo ne vient jamais en aide aux accumulateurs qui doivent fournir seuls tout le courant des lampes, on est conduit à des régimes de décharge (en deux ou trois heures) et de charge (en une heure et demie ou une heure) très durs. En pratique. il est préférable de donner aux accumulateurs une capacité plus forte, cinq heures par exemple pour chaque batterie (c'est-à-dire à peu près ce qui est adopté dans les systèmes autogénérateurs ordinaires à double batterie), ce qui permet de fonctionner à des régimes normaux : décharge en cinq heures, charge en quatre heures.

Ce dispositif procure une lumière absolument constante et met complètement à l'abri des incidents auxquels sont exposés les systèmes ordinaires ; les survoltages aux lampes sont matériellement impossibles et les épuisements ne sont plus à craindre, si l'on a calculé le débit de la dynamo pour la marche la plus lente et les arrêts les plus longs que l'on puisse rencontrer ; il n'y a plus d'inégalité et par suite plus d'imprévu dans la consommation des batteries, interverties à intervalles réguliers. Le grand avantage de ce dispositif est de ne demander aucune résistance d'absorption dans le circuit des lampes ; on est par conséquent certain d'avoir une lumière parfaite sans avoir à faire aucun ajustement et de n'avoir à craindre aucun incident, *quel que soit le roulement de la voiture*, qu'elle passe d'un train rapide à un train omnibus, ou d'un train entièrement de nuit à un train ayant peu d'éclairage.

Avec ce dispositif, la dépense de la batterie d'éclairage, puisqu'elle ne dépend aucunement de la dynamo, ne varie que d'après les inégalités des stationnements. On peut admettre et calculer presque exactement un courant de charge absolument constant, quel que soit le roulement des voitures. Il suffit donc d'ajuster une fois pour toutes le débit de la dynamo, de façon à être certain que les accumulateurs soient sûrement chargés ; mais en raison de la régularité périodique des décharges et des charges, on pourra se dispenser de la charge de jour, et les accumulateurs ne recevront qu'un petit excédent de courant et ne seront pas exposés, comme dans tous les autres systèmes autogénérateurs, à recevoir quelquefois du courant pendant un temps assez long après qu'ils sont saturés. J'estime qu'avec ce dispositif, il n'y a pas utilité à faire usage d'un limiteur de tension. Toutefois, rien n'empêche d'en faire usage ; il fonctionnera alors dans des conditions plus rationnelles que dans les systèmes Vicarino et Dick pour voitures isolées, puisqu'il ne gênera pas le circuit d'éclairage (il agissait de même dans les systèmes Dick pour trains blocs, où il n'entrait pas en action pendant les périodes d'éclairage).

Le principe indiqué plus haut par l'auteur peut être appliqué également suivant un second dispositif, consistant à établir exactement les mêmes connexions que dans les systèmes autogénérateurs, Stone, Vicarino ou Dick (voir fig. 27), mais effectuant *en marche* et à intervalles réguliers et rapprochés, toutes les heures par exemple, la permutation des bat-

teries, au lieu de ne la faire qu'après de longues et irrégulières périodes de marche. La commutation s'opérant en marche doit comprendre des phases analogues à celles du premier dispositif, mais un peu plus compliquées. Partant de la position p_1 (fig. 27), dans laquelle c'est la batterie A qui est en pleine charge, les communications m et n de la dynamo avec les 2 batteries sont d'abord coupées (position p_2) ; la batterie A est ensuite reliée directement en parallèle de m à q avec la batterie B (position p_3) ; puis la batterie B est isolée et les lampes restent alimentées directement par la batterie A (position p_4) ; la dynamo D est alors reliée à la batterie A, en n, par l'intermédiaire de la résistance R (position p_5) et finalement la dynamo est en outre reliée directement en m à la batterie B qui se trouve ainsi amenée en pleine charge (position p_6).

Dans les deux dispositifs, les commutateurs sont semblables et peuvent avoir la forme soit d'un cylindre à contacts analogue aux combinateurs de tramways, mais beaucoup plus simple, soit d'un double levier.

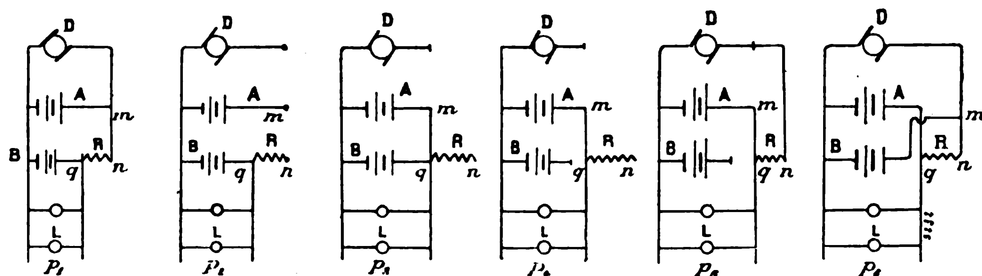


Fig. 27. — Système de l'auteur. — Second dispositif.

Le second dispositif exige l'emploi d'une résistance d'absorption R réglée convenablement. Mais si l'on ajuste cette résistance de manière à ce que la dynamo d'éclairage B travaille toujours en décharge pendant la marche, on peut obtenir pratiquement une tension aux lampes aussi constante que celle donnée théoriquement par le premier dispositif. La permutation fréquente et régulière des batteries permettra de réaliser cette condition sans avoir à craindre, comme dans les systèmes ordinaires, les épuisements, parce que la batterie d'éclairage sera toujours remise en charge après un temps très court, quel que soit le parcours du train. On pourra même se dispenser de faire de la charge de jour.

Dans ce second dispositif, les inégalités de consommation des batteries seront, en théorie, un peu plus grandes que dans le premier dispositif, puisqu'à celles dues aux inégalités des périodes d'arrêt viendront s'ajouter celles résultant des variations de force électromotrice de la dynamo suivant la vitesse. En effet, suivant que la dynamo fournira plus ou moins de courant aux lampes, l'excédent fourni par la batterie d'éclairage B sera plus ou moins fort. Mais en pratique, ce dernier phénomène est peu appréciable et l'on peut dire que la consommation des accumulateurs est en moyenne constante, comparée à celle des systèmes ordinaires, parce que l'on supprime la cause considérable d'inégalité de ces derniers, résultant de ce que la durée d'éclairage demandée à la batterie peut varier énormément, de trois à quinze heures par exemple. En outre, et c'est peut-être là le point le plus important, la permutation ayant lieu à intervalles réguliers et ne dépendant ni d'une manœuvre d'allumage ni du sens de la marche, on est à l'abri des incidents accidentels — survoltages ou épuisements — qui peuvent se produire dans les autres systèmes autogénérateurs par manœuvres intempestives de permutation, dont il est parlé plus haut.

La consommation de la batterie d'éclairage étant pratiquement à peu près constante, on

peut encore faire usage d'un courant de charge à peu près uniforme, quel que soit le roulement des trains (en ne chargeant pas le jour), sans provoquer des surcharges importantes des accumulateurs, et par conséquent se dispenser de faire usage d'un limiteur de tension. Toutefois, rien n'empêche, si l'on veut soulager les accumulateurs, d'employer un appareil de ce genre ; il fonctionnera dans les mêmes conditions que dans les systèmes Vicarino ou Dick pour voitures isolées, et son emploi aura moins d'inconvénient que dans ces derniers systèmes, où il pouvait favoriser des épuisements, qui, ici, ne sont plus à craindre.

L'avantage du second dispositif sur le premier, c'est que les accumulateurs de la batterie d'éclairage B ne fournissent plus pendant la marche la totalité du courant consommé par les lampes, mais seulement une fraction de celle-ci, puisque la dynamo en fournit aussi une partie ; pendant les arrêts, on a intérêt, cette fois-ci, à faire travailler les deux batteries A et B en parallèle, de façon à ce que chacune d'elles ne débite que la moitié du courant total. Les accumulateurs se trouveront donc soumis à un régime de décharge beaucoup moins dur et l'on pourra prendre, sans risquer de fatiguer trop les accumulateurs, des batteries peu supérieures à la capacité théorique nécessaire. Or, cette capacité est plus faible que dans le premier dispositif, puisque la dynamo fournit une partie de l'éclairage pendant la marche, elle peut donc être évaluée à 1 heure et demie à 2 heures, suivant les réseaux, au maximum (en supposant la permutation effectuée toutes les heures). Par conséquent, j'estime qu'on peut se contenter de batteries représentant 2 heures et demie à 3 heures d'éclairage, c'est-à-dire à peu près la moitié de ce qui est nécessaire avec les autres systèmes, puisque le régime de décharge correspondant (en 6 à 7 heures) est très acceptable, de même que le régime de charge en 3 heures environ.

En résumé, le principe indiqué par l'auteur a l'avantage, par rapport aux systèmes autogénérateurs connus, dans le cas du premier dispositif, d'éviter, avec le même poids d'accumulateurs, toute chance d'épuisement, tout en donnant une lumière théoriquement constante ; dans le cas du second dispositif, de permettre d'obtenir une lumière pratiquement constante avec une dépense d'accumulateurs notablement moindre et en évitant également les chances d'incidents, toujours possibles dans les autres systèmes, ne serait-ce que par des manœuvres accidentelles intempestives.

Observations générales sur les systèmes autogénérateurs pour voitures isolées. — Le public reproche à ces systèmes de donner lieu, pendant les arrêts, à des baisses de lumière importantes et désagréables, surtout parce qu'elles sont subites. Nous avons vu qu'en faisant fonctionner les systèmes existants, à double batterie, dans des conditions convenables, on peut supprimer cette objection. Mais la double batterie est indispensable pour obtenir ce résultat [1], et je suis persuadé que les constructeurs nouveaux qui ont créé récemment des systèmes à batterie unique adopteront plus tard la double batterie, comme l'ont fait leurs prédécesseurs Stone et Vicarino, qui eux aussi avaient d'abord débuté par les systèmes à batterie unique, à cause de sa simplicité apparente, et qui les ont abandonnés après avoir approfondi davantage la question.

Si les constructeurs et les chemins de fer n'ont guère réalisé jusqu'à présent la bonne régularité de la lumière avec les systèmes existants, c'est parce qu'en le faisant ils craignaient de créer des incidents d'accumulateurs ; j'ai montré plus haut qu'avec de nouveaux

[1] Depuis que cet article est écrit, j'ai eu connaissance d'un dispositif tout récent dont je décrirai ultérieurement l'application, que j'ai vu réalisée pour l'éclairage des trains en bloc. Ce dispositif, en théorie tout au moins (il est possible qu'en pratique il donne naissance à quelques difficultés) permettrait d'obtenir sur les voitures isolées une lumière parfaitement constante à l'aide d'une seule batterie.

dispositifs, il était possible de négliger cette crainte et de rendre par suite la surveillance des appareils moins minutieuse. Ce point a de l'importance, car si les Compagnies de chemins de fer n'ont pas encore étendu l'emploi de ces systèmes, c'est parce qu'elles leur reprochent d'exiger beaucoup trop de surveillance. Il est certain que les accumulateurs demanderont toujours des soins particuliers, mais on arrivera à faire l'entretien des appareils mécaniques, tels que dynamos et disjoncteurs, si ceux-ci sont construits d'une façon robuste et rationnelle, sans plus de difficulté que celui des autres pièces mobiles du matériel : coussinets, boîtes à huile, ressorts, etc., à condition d'avoir un nombre important de voitures en service.

Les systèmes autogénérateurs pour voitures isolées sont plus coûteux comme surveillance et entretien que les systèmes pour trains bloc, puisque la dynamo, les organes de régulation et surtout les accumulateurs, se répètent sur chaque voiture et reviennent beaucoup plus cher qu'un ou deux gros équipements de fourgons. En revanche, ils présentent une souplesse d'emploi que n'ont pas les seconds et qui est fort appréciée des Compagnies de chemins de fer; les voitures sont complètement indépendantes et l'on n'a pas à se préoccuper de les cantonner dans des trains déterminés ; elles peuvent aller dans n'importe quel train et se mélanger avec n'importe quel matériel. Ces systèmes conviennent donc très bien pour les trains de grandes lignes, express ou rapides, souvent sujets à coupures ou intercalations de voitures étrangères. Par rapport aux systèmes d'éclairage par accumulateurs seuls, ils présentent l'avantage important de n'exiger aucune immobilisation ou manutention pour la charge des accumulateurs.

Comme prix d'installation, ces systèmes sont certainement les plus coûteux de tous les procédés électriques, parce que la nécessité de munir chaque voiture d'une installation complète compense largement l'absence de stations fixes de charge. Il est à noter d'ailleurs que le prix de premier établissement augmente notablement moins vite que la puissance demandée et est relativement bien moins élevé sur les grandes voitures que sur les petites. Mais la question la plus importante à considérer, finalement, est celle du prix de revient de l'éclairage ; à ce point de vue, le classement des divers systèmes est bien différent. L'éclairage électrique des trains par systèmes autogénérateurs revient évidemment beaucoup plus cher si chaque voiture est indépendante que si le train est éclairé par un ou deux équipements seulement ; mais il est notablement plus économique que le système par accumulateurs seuls, placés sur chaque véhicule ou même seulement dans les fourgons du train. Sauf dans ce dernier cas, l'entretien et la réparation des accumulateurs sont moins onéreux puisque, si les éléments sont un peu plus fatigués, les batteries ont une capacité au moins moitié moindre (10 heures d'éclairage au lieu de 20 à 30 heures). Mais ce qui donne une économie considérable, c'est l'absence des frais de charge, courant et personnel, car la force prise sur les essieux est inappréciable pour le mécanicien (1/2 à 1 cheval par véhicule, suivant la grandeur de la voiture). Il est vrai qu'il faut faire entrer dans les prix de revient l'amortissement et l'entretien des appareils mécaniques, ainsi que les dépenses de réglage et de surveillance des équipements ; ces dernières dépenses, qui sont onéreuses quand le nombre des voitures en service est faible, se trouvent réduites fortement quand l'effectif est suffisamment important, parce que la surveillance peut être organisée méthodiquement ; au total, les économies réalisées dépassent de beaucoup les dépenses supplémentaires si le système est appliqué en grand.

Les applications réalisées à l'heure actuelle avec les divers systèmes d'éclairage électrique des trains sont résumées dans le tableau des pages 468 et 469.

Conclusions

Parmi les divers produits autres que l'électricité employés pour éclairer les trains, je ne citerai que pour mémoire la bougie, l'huile végétale ou minérale ; les seuls concurrents sérieux de l'électricité sont le gaz d'huile et l'acétylène pur ou mélangé avec le gaz d'huile, renfermés sous une pression de 7 kg : cm^2 dans des réservoirs placés sous les voitures. Il y a bien encore le gaz de houille ordinaire avec manchons incandescents, sur lequel des essais viennent d'être entrepris à l'Est français et qui aurait l'avantage de dispenser de créer des usines de fabrication du gaz, puisqu'il suffirait d'avoir dans un certain nombre de gares une petite installation de compresseur pour donner au gaz de ville une pression permettant son emmagasinement dans les réservoirs des voitures ; mais on ne sait pas encore comment se comporteront en service courant les manchons à incandescence. Le gaz d'huile exige l'installation d'usines de fabrication assez importantes, correspondant aux usines de charge électriques ; le poids et le prix de l'équipement à gaz des voitures sont à peu près les mêmes que ceux de l'équipement électrique par accumulateurs (moins cher que l'équipement avec dynamos), mais il a l'avantage de permettre un chargement des voitures presque instantané et de ne comporter pour ainsi dire aucun organe sujet à entretien et à surveillance. Toutefois, bien qu'il soit beaucoup plus éclairant que le gaz ordinaire de houille, il ne permet pas de réaliser, même avec des becs à récupération utilisant le réchauffement des gaz par les produits de la combustion, des lampes unitaires donnant plus de 9 à 10 bougies, ce qui oblige à faire une installation encombrante de plusieurs lanternes ou d'une lanterne à deux ou trois brûleurs, lorsqu'on veut fournir un grand éclairement dans les compartiments.

Les chemins de fer prussiens ont tourné la difficulté en ajoutant au gaz d'huile un quart d'acétylène, ce qui permet d'obtenir un éclairement double de celui d'un gaz d'huile de très bonne qualité, avec un même débit. Ces chemins de fer possèdent actuellement plusieurs milliers de voitures éclairées de cette manière. La Compagnie française du P.-L.-M. réalise aussi en ce moment l'application de ce procédé sur plusieurs milliers de voitures éclairées précédemment au gaz d'huile seul.

L'acétylène pur donnerait encore un éclairage plus intense, mais les Compagnies de chemins de fer ont été effrayées par les dangers de compression de ce gaz à 10 kg. Ces craintes sont, à mon avis, très exagérées, et les dangers de l'acétylène comprimé ne dépasseraient guère ceux du gaz d'huile, si l'on employait la méthode Fouché, de la Compagnie de l'Acétylène dissous, consistant à diviser la masse gazeuse par une matière poreuse telle que pâte de charbon et chaux, placée dans les réservoirs des voitures et de l'usine. L'acétylène dissous dans l'acétone est très séduisant à cause de son pouvoir d'emmagasinement considérable, mais son prix de revient est trop élevé.

Je ne m'étendrai pas sur les avantages bien connus de l'éclairage électrique : les lampes électriques s'allument instantanément sur toute une voiture ; elles sont propres et, ce qui est important pour les voitures luxueuses, elles ne chauffent pas et permettent, avec une installation intérieure très simple, de donner un éclairage aussi intense qu'on le désire. Je ne citerai que pour mémoire les dangers d'explosion ou d'incendie auxquels peut donner lieu le gaz et qui ont été fortement exagérés.

Je me garderai bien de donner aucun chiffre concernant les prix de revient de l'éclairage au gaz et des divers procédés d'éclairage électrique, parce que ces prix peuvent varier dans des limites très étendues, suivant les cas et suivant la manière dont on les calcule.

TABLEAU DES DIVERS SYSTÈMES EMPLO

	SYSTÈMES EMPLOYÉS		DATES des premières applications.	NOMBRE DE VOITURES équipées actuellement.
	A. — ÉCLAIRAGE PAR ACCUMULATEURS ISOLÉS			
	I. — *Eclairage du train entier par une ou deux batteries seulement.*			
	Chemins de fer de l'État danois		1892	700 véhicules.
	— de la Sicile occidentale		?	?
	— de l'Etat du Cap		?	?
	II. — *Eclairage des voitures par batteries indépendantes.*			
Batteries amovibles rechargées dans des usines fixes.	Chemins de fer du Jura Simplon (Suisse)		1889	668 véhicules.
	— Central (Suisse)		1893	139 —
	— du Gothard (Suisse)		1893	20 —
	— Berne à Neuchâtel et Jura Neuchâtelois		»	65 —
	Administration des Postes allemandes		1894	1500 wagons-postes.
	— —		»	500 wagons de remorque.
	— des Postes bavaroises		»	40 wagons-postes.
	— des Postes autrichiennes		1899	50 wagons-postes.
	— des Postes françaises		»	grands wagons-postes.
			»	6 petits wagons-postes.
	Chemins de fer de l'Est français		1900	154 voitures.
	— de l'Etat hongrois		1896	125 voitures.
	— du Nord-Kaiser-Ferdinand (Autriche)		1893	65 véhicules.
	— de l'Etat autrichien		1896	20 voitures.
	— de la Méditerranée (Italie)		1893	113 —
	— de l'Adriatique (Italie)		1901	80 —
	— de l'Etat badois		1895	35 —
	— de Dortmund, de Mecklembourg (Allemagne)		»	Quelques voitures.
Batteries rechargées sur les trains mêmes.	Chemins de fer du Nord français		1899	165 voitures-bogies.
			1889	100 voitures ordinaires environ.
	Administration des postes françaises (ligne du Nord)		1901	grands wagons-postes.
	Chemins de fer de Sceaux		1896	112 véhicules.
	— Ceinture		1900	243 —
	— d'Orléans		1898	30 voitures.
	— du Midi français		1898	20 —
	— de l'Etat roumain		»	88 —
	B. ÉCLAIRAGE PAR SYSTÈMES AUTOGÉNÉRATEURS			
	I. *Pour trains entiers.*			
a. Systèmes par dynamo recevant le mouvement de l'essieu.	Système du London Brighton RY.	London Brighton RY.		271 voitures formant 26 trains.
	— du Great Northern RY	Great Northern RY		90 voitures formant 10 trains.
	— Dick	Chemin de fer de l'Etat autrichien	Essai de décembre 1897 à janvier 1900	1 train de 11 voitures a été à l'essai.
	— Stone	Allemagne	1902	1 ou 2 trains de chemins de fer secondaires.
	— Vicarino	France		1 train de banlieue en projet.
b. Systèmes par dynamo mue par un moteur spécial.	β_1 avec accumulateurs. Chaudière, moteur, dynamo et accumulateurs, dans un fourgon	Russie		Le train impérial.
		Autriche		Le train impérial.
	Moteur, dynamo et accumulateurs, dans un fourgon. Vapeur prise sur la locomotive	Amérique		Quelques trains.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

SYSTÈMES EMPLOYÉS	LIEU D'APPLICATION	DATE des premières applications.	NOMBRE de voitures équipées actuellement.
b. Systèmes par dynamo mue par un moteur spécial. (*suite*) — β_2 sans accumulateur. — Chaudière, turbine Laval, dynamo dans un fourgon	Russie	1899 environ	Certains trains.
	Transsibérien	1901	Tous les trains actuellement.
Groupe moteur à pétrole et dynamo dans un fourgon	Chemins de fer de l'Etat du Cap		Certains trains.
Groupe moteur pilon compound et dynamo sur la locomotive qui fournit la vapeur	Système préconisé par l'auteur pour les trains ne comportant pas de changement de machines	1902	
II. *Pour voitures isolées.*			
2 Systèmes autonomes étudiés par l'auteur en 1893 et 1894	Non expérimentés.		
Système Lewis	Essai en Amérique	1894	
Système Stone essayé avec simple batterie en Angleterre en 1895 appliqué avec double batterie depuis 1897	Angleterre et pays divers		3 000 voitures environ.
	Etat belge	1897 1899	377 voitures équipées. 443 en montage.
	Compagnie des wagons-lits	1897	130 voitures.
	Jura-Simplon-suisse	1899	26 voitures.
	Allemagne	1901	20 voitures environ installées par la maison Böse.
Système Moskowitz essayé en Amérique en 1896	Ouest français	1898	14 voitures.
	P.-L.-M. français	1899	1 voiture.
	Amérique	1899	?
Système Vicarino essayé en France avec simple batterie en 1898, avec double batterie depuis 1902 — à simple batterie	Etat français	1899	34 voitures.
	Ouest français	1899	28 —
	Orléans français	1899	3 —
	Midi français	1899	2 —
	P.-L.-M. français	1900	1 —
	Chemins de fer Madrid à Saragosse	1901	15 voitures.
	Comp. des wagons-lits sur la ligne précédente	1901	3 wagons-restaurants.
	Russie	1901	5 voitures.
	Postes bavaroises	1901	1 wagon-poste installé par la Société Pollak de Francfort.
Système Vicarino essayé en France avec simple batterie en 1898, avec double batterie depuis 1902 — à double batterie	Administration des postes françaises	avril 1902	10 grands bureaux-postes.
	Est français	mai 1902	10 voitures.
Système Auvert à simple batterie essayé en France en 1899	P.-L.-M. français	1900	56 voitures à bogies.
	Ouest français	1901	3 voitures à bogies.
Système Dick à double batterie construit par la Société Schuckert de Vienne	Autriche	1899	15 voitures.
Système Kull à simple batterie essayé en 1901 en Suisse. Construit par Brown Boveri et Cie	Central suisse	1901	2 voitures.
2 systèmes autonomes de l'auteur, avec double batterie à permutation périodique (Brevet belge, juin 1901). Décrit en mai 1902 à la Société Internationale des Electriciens	Union suisse	1902	25 voitures.

Sous la poussée de l'opinion, toutes les Compagnies de chemins de fer considèrent actuellement comme nécessaire d'augmenter l'éclairage fourni aux voyageurs, qui n'acceptent plus sans murmurer l'antique lampe à huile, aussi bien sur la banlieue que sur les grandes lignes ; mais les Compagnies cherchent avant tout à ne pas rendre trop considérables les augmentations de dépenses qui résulteront forcément de l'amélioration de l'éclairage. C'est la question dépense qui prime toutes les autres : si les Compagnies n'ont pas développé davantage l'éclairage électrique, c'est qu'elles le trouvaient trop coûteux. Les administrations des postes allemandes et françaises font seules exception, parce qu'elles font passer la question d'hygiène, très importante dans le cas particulier, avant celle de dépense. Aussi est-il à prévoir que l'éclairage par accumulateurs isolés, qui a été le seul considéré jusqu'à présent, ne s'étendra pas, même sur les voitures de types récents, parce qu'il coûtera toujours plus cher que celui au gaz. Quelques exemples que j'ai donnés montrent que dès maintenant, il y a une tendance à remplacer ce système par d'autres électriques plus avantageux. Mais j'estime que pour les grandes voitures modernes, l'éclairage électrique par systèmes autogénérateurs indépendants, s'il est appliqué sur un effectif suffisant pour permettre une exploitation rationnelle, peut devenir moins coûteux que l'éclairage au gaz, et par conséquent être préféré à ce dernier. Le développement extrêmement rapide qu'a pris ce système en Angleterre dans l'espace de trois ou quatre ans vient à l'appui de mon opinion, car je ne peux pas croire que dans ce pays, de sens pratique, l'on équiperait si vite des milliers de voitures par simple désir d'avoir un éclairage moderne, si l'on n'y trouvait pas un avantage pécuniaire.

L'éclairage électrique peut, à mon avis, supplanter encore beaucoup plus facilement le gaz ou l'acétylène sur les nombreux trains de banlieue ou de parcours limité, où l'on pourra appliquer le système par dynamo monté sur la locomotive, sans accumulateurs, que j'ai préconisé plus haut, parce que ce système permettra de donner dans les trains locaux, munis presque partout du pâle éclairage à huile, un éclairage abondant que le gaz ou l'acétylène ne fourniraient qu'à un prix beaucoup plus élevé, c'est-à-dire réaliser un perfectionnement sans faire grande dépense supplémentaire. Il faut bien noter que, avec le gaz ou l'acétylène, le prix de revient croît à peu près proportionnellement avec la consommation, de sorte que si l'on veut avoir un grand éclairement, on arrive à une forte dépense, tandis qu'avec les systèmes à dynamos, dans lesquels l'énergie ne coûte pratiquement rien, le prix de revient unitaire de l'éclairage est d'autant plus faible que la quantité de lumière est plus forte. Ceci explique pourquoi, lorsqu'on veut fournir aux trains entiers de banlieue ou aux voitures isolées, un éclairage intense, l'électricité l'emporte sur le gaz ou l'acétylène comme économie et l'emportera de plus en plus, parce qu'il est certain que dans les trains, comme dans tous les autres locaux, on sera amené à donner toujours de plus en plus de lumière ; certaines voitures américaines consomment déjà, paraît-il, 300 bougies.

Mais je n'hésite pas à déclarer que le gaz ou l'acétylène me paraissent plus pratiques que l'éclairage électrique pour les voitures d'anciens types et de petites dimensions qui ne sont pas affectées à des services locaux et forment les trains omnibus ou semi directs d'assez grands parcours, parce que ces trains sont sujets à trop de changements de composition pour pouvoir être éclairés en entier et que les dépenses d'amortissement et d'entretien des équipements à dynamo placés sur chaque voiture seraient trop élevées pour des véhicules aussi petits, et que dans ces conditions l'éclairage électrique ne peut être produit assez économiquement pour lutter contre le gaz ou l'acétylène.

Ch. Jacquin.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

La station centrale de la Société anonyme « Electricité et Hydraulique » à Saint-Pétersbourg; par **W. Multhauf.** *Elektrotechnische Zeitschrift*, 23e année, cahier 25, p. 535-539, 19 juin 1902.

La troisième station centrale de Saint-Pétersbourg (les deux autres ont été érigées l'une par la maison Siemens et Halske, l'autre par la Société Hélios) de la Société anonyme Electricité et Hydraulique, est située à peu près au centre de la ville. Cette station qui distribue du courant alternatif simple à 2000 volts est intéressante à plusieurs points de vue.

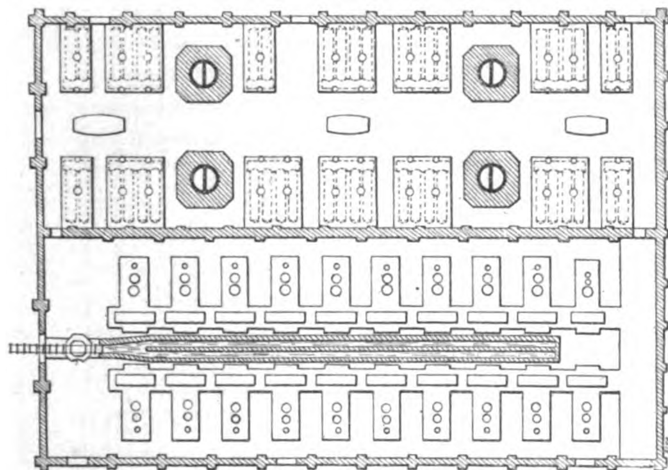


Fig. 1.

Le bâtiment (voir le plan fig. 1) d'une longueur de 65,7 m est divisé longitudinalement en deux parties; l'une de 23,9 m de largeur forme la salle des machines, l'autre d'une largeur de 21,9 m contient les chaudières.

Dans cette salle sont installées 23 chaudières à tubes à eau, ayant des surfaces de chauffe de 205 et 300 m². Les quatre cheminées de 2,25 m de diamètre au sommet et de 50 m de hauteur ont également leur base dans la salle.

La vapeur (à la pression de 12 atmosphères) est amenée par une conduite en anneau, faisant le tour de la salle des machines, aux machines à vapeur de sorte que chaque groupe électrogène peut être desservi par un côté ou par l'autre.

Les groupes électrogènes, au nombre de 15 (l'usine complète en comportera 20), sont disposés comme l'indique le plan, sur deux rangées avec une large allée centrale.

Chacun de ces groupes est constitué par une machine verticale à triple expansion de 500 chevaux actionnant directement un alternateur de 350 kilowatts, 2000 volts, 42,5 périodes (un de ces alternateurs a figuré à l'Exposition universelle de 1900) et son excitatrice.

Contrairement à l'usage ordinaire, l'usine comporte donc un grand nombre de groupes électrogènes de puissance relativement faible. Cette disposition a été choisie pour deux raisons : 1° les troubles occasionnés par le mauvais fonctionnement d'un groupe se font peu sentir sur les autres groupes en fonctionnement; 2° il est plus facile de réparer dans l'atelier même de l'usine, une machine de puissance modérée qu'une de puissance beaucoup plus grande.

Les fondations, par suite de la nature du terrain, ont été particulièrement difficiles. Les groupes électrogènes reposent sur un massif en béton, séparé par une distance d'environ 70 cm des murs de la salle, la fondation de chaque machine repose sur le massif par l'intermédiaire d'une couche de 10 mm d'épaisseur de sable afin d'amortir les vibrations et le bruit.

L'eau est empruntée à un canal situé à proximité de l'usine; après décantation elle est puisée par les pompes des condenseurs à mélange.

L'eau de condensation se rend dans des bassins, où l'huile est enlevée, et retourne au canal (après que l'on a prélevé l'eau d'alimentation). En temps de hautes eaux, l'eau ne peut retourner directement au canal, elle y est envoyée par deux pompes centrifuges pouvant débiter chacune 2500 m³ à l'heure.

Le réseau à haute tension souterrain est constitué par des câbles armés concentriques; la compagnie anglaise qui a fourni ces câbles a exigé : 1° que le pôle correspondant au conducteur extérieur des câbles soit mis à la terre à l'usine; 2° que la mise en charge ou la mise hors de service des feeders ne se fasse pas brusquement.

Le tableau de distribution a été construit pour desservir 20 groupes électrogènes et 30 feeders

constitués chacun par deux câbles concentriques. Pour répondre à la condition imposée de mettre le courant progressivement sur les câbles, on relie entre eux une partie des câbles et des génératrices, on fait monter en agissant sur l'excitation lentement, la tension jusqu'à la valeur normale (2 000 volts) et on couple avec les génératrices déjà en service.

La figure 2 donne le schéma du tableau, qui doit être considéré, comme unipolaire; en effet, une des extrémités des feeders et des circuits des génératrices est mis à la terre par l'intermédiaire d'une barre spéciale, reliée à la terre au moyen de deux plaques.

Le tableau placé sur une galerie isolée à une des extrémités de la salle des machines, comporte 3 panneaux disposés parallèlement au mur pignon.

Fig. 2.

Le panneau du fond dessert les 30 feeders; chacun des 2 panneaux disposés en avant dans un même plan à une distance de 1,06 m et séparés au milieu par un passage, dessert les 10 générateurs d'une rangée les unes désignées sur le schéma par des numéros impairs, les autres par des numéros pairs.

Il existe sur chacun des panneaux deux barres générales et ces dernières sont reliées de manière à former un double anneau. Le pôle qui n'est pas à la terre de chacune des génératrices, et le conducteur central de chacun des feeders, peut être relié à l'une ou à l'autre des barres, au moyen d'un interrupteur à huile spécial.

Au-dessous de la galerie isolée, sont disposées dans les mêmes plans que les panneaux supérieurs, deux séries de panneaux, avec cadres en fer, pour les coupe-circuits. L'espace au-dessous de la galerie est fermé par une cloison en tôle perforée et sert de salle de mesure.

Les coupe-circuits fusibles sont à manchon de porcelaine, et peuvent être enlevés à la main pendant le service; des bornes permettent de remplacer le fil enlevé par des appareils de mesure installés sur une table. Pour les génératrices sur le conducteur relié à la terre, est disposé un coupe-circuit, dont le fusible a été remplacé par une forte lame de cuivre; cet ap-

pareil est placé dans la fondation du groupe électrogène et peut être enlevé pour les mesures d'isolement.

Les conducteurs extérieurs des feeders sont reliés à la barre de terre, au moyen de lames de cuivre, qui peuvent être retirées pour les mesures d'isolement.

A l'exception de 2 électromètres destinés aux mesures d'isolement tous les appareils de mesure ainsi que les lampes de phase sont branchés dans les secondaires des transformateurs réducteurs de tension. Le tableau est muni de barres de mesure à basse tension, au nombre de 4; deux de ces barres correspondent chacune à une des barres générales du tableau, la troisième sert de retour et la quatrième (représentée sur le schéma par une ligne pointillée) est reliée à la terre.

Les deux anneaux constitués par les barres générales des trois panneaux peuvent être interrompus en divers points, de manière à pouvoir desservir des groupes de feeders par des groupes de machines différentes (sur le schéma les génératrices 2 et 4 desservent les feeders 28, 29 et 30).

Pour chacune des génératrices sont installés sur le panneau correspondant un ampèremètre, un voltmètre avec commutateur à trois directions (de manière à mesurer la tension entre la terre et une des deux barres, ou entre la terre et la génératrice), une lampe de phase avec commutateur à deux directions (pour la brancher sur l'une ou l'autre des barres); il y a également deux bornes pour pouvoir au besoin intercaler un voltmètre de phase.

Au-dessous de ces appareils se trouve le volant de commande du rhéostat de l'excitatrice de la génératrice, qui est installé au-dessous de la galerie ; le volant peut également être commandé au moyen de deux arbres généraux; en cas d'accident on peut ainsi manœuvrer tous les volants simultanément et abaisser graduellement la tension jusqu'à o ; à la reprise du service, on remonte graduellement la tension et les génératrices se mettent d'elles-mêmes au synchronisme.

Sur chacun des panneaux, vers le milieu de la galerie sont installés un ampèremètre et un wattmètre général, sur des conducteurs reliant les deux systèmes de barres. En service normal, les anneaux sont interrompus sur les petits côtés et tout le courant passe dans l'une ou l'autre série des appareils, suivant que l'un des conducteurs de liaison est interrompu ou l'autre.

Chaque groupe de barres est relié à une paire de parafoudres à cornes, qui empêchent toute élévation de tension, les conducteurs qui relient ces paratonnerres à la terre peuvent être interrompus en d et e.

La communication entre la quatrième barre de mesure (en pointillé) et la terre peut également être interrompue en a, en b et en c.

Normalement la galerie isolée, qui est munie près des parties non isolées de fortes couches de caoutchouc, et de laquelle on ne peut sans faire attention atteindre aucun point non isolé, est reliée à la terre par un fusible très fin. En parallèle avec le fusible est installé un petit transformateur de mesure, dont le rapport de transmission est de 2 000 à 100, dans le secondaire duquel sont branchées une lampe de signal et une trompette actionnée électro-magnétiquement. Quand le fusible fond par suite d'un défaut d'isolation ou d'une fausse manœuvre le signal s'allume et la trompette se fait entendre.

Dès que l'on veut procéder à un travail quelconque au tableau, on retire le fusible et on met la galerie en relation avec les barres à haute tension. Le signal s'allume alors et la trompette se fait entendre, de manière à prévenir le personnel de ne pas passer de la galerie non isolée à celle qui est isolée.

Comme au moment du couplage en parallèle, les mécaniciens placés près des régulateurs des machines à vapeur ne peuvent voir les lampes de phases, pour régler la vitesse de la machine, ils sont avertis par une sonnerie et des signaux de lampe.

Les conducteurs de ces signaux, desservis par des transformateurs réducteurs de tension, sont soigneusement isolés, et les interrupteurs sont bipolaires, afin d'éviter toute mise à la terre. Lors des essais de réception, la galerie, ainsi que les conducteurs pour signaux qui y sont reliés a été essayée à 7 500 volts.

Le réseau à haute tension avait été d'abord projeté comme formant un ensemble, mais on l'a séparé en plusieurs parties en enlevant les coupe-circuits à haute tension, de sorte qu'il forme plusieurs réseaux séparés alimentés chacun par un ou plusieurs feeders.

Pour des travaux aux câbles, ainsi que pour

la recherche éventuelle de défauts, on procède de la manière suivante :

Les deux barres du panneau des câbles, sont désignées l'une sous le nom de « barre de service », l'autre de « barre de réserve » et peinte l'une en rouge, l'autre en bleu.

La barre de réserve est normalement séparée du réseau. Si l'on doit mettre hors de fonctionnement un feeder ou un groupe de feeders appartenant à une même partie du réseau, on commence par relier au moyen des interrupteurs à huile, ces feeders à la barre de réserve, puis on ferme également l'interrupteur reliant l'une des génératrices à la barre correspondante de réserve (en communication avec la barre de réserve des feeders). On interrompt alors la communication entre les feeders et la génératrice et l'anneau des barres de service en manœuvrant les interrupteurs à huile correspondants. On diminue alors graduellement l'excitation de la génératrice, et la tension baisse peu à peu, de sorte qu'il n'y a aucun danger pour les câbles.

Pour remettre en série le ou les feeders on procède d'une manière analogue; on relie d'abord les feeders à l'anneau de réserve, ainsi qu'une génératrice non excitée; on augmente alors l'excitateur graduellement jusqu'à ce que la tension soit normale, on couple alors en employant l'appareil de synchronisme avec la barre de service. On ouvre ensuite les interrupteurs de manière que l'anneau des barres de réserve, soit de nouveau sans courant.

Ordinairement les interrupteurs des barres de réserve sont verrouillés de manière à éviter toute fausse manœuvre.

Quand on a à mettre en service ou à retirer du service des feeders avec faible charge, au lieu de se servir comme il est indiqué ci-dessus d'une génératrice, on emploie un transformateur-régulateur. Cet appareil est un transformateur avec rapport de transformation de 1 à 1, le primaire fixe est mis en relation avec la barre de service, tandis que le secondaire qui peut tourner est mis en relation avec les barres de réserve.

En faisant tourner d'un angle plus ou moins grand le secondaire, la tension au secondaire varie de 0 à 2 000 volts.

Les barres de réserve peuvent également servir à mesurer la chute de tension dans le réseau; pour cela on relie l'un des feeders du réseau à la barre de réserve, et on coupe sa liaison avec la barre de service; en mesurant alors la tension à la barre de réserve, la différence avec celle mesurée à la barre de service donne la chute de tension dans le réseau à l'endroit où aboutit le feeder.

Sur la demande de la municipalité, l'éclairage public est assuré spécialement par les feeders 28, 29 et 30 et les génératrices 4 et 5; pour cela, les barres sont interrompues, entre les feeders 27 et 28 et entre les génératrices 4 et 6; une des deux génératrices est en réserve.

L'allumage et l'extinction des lampes publiques (300 lampes à arc de 18 et 25 ampères) se font comme il a été indiqué en faisant varier graduellement la tension; la manœuvre dure quelques minutes.

L'emploi d'un système de barres de réserve est en outre commode, quand on veut procéder à des essais de toutes sortes. On les emploie par exemple, au contrôle des réparations faites, en faisant monter la tension jusqu'à 2 100 volts; on a pu ainsi déceler des court-circuits, dans les installations des transformateurs (il n'y a pas de réseau secondaire, les transformateurs desservant directement les diverses maisons qui ont une grande étendue).

Pour les essais en charge, M. W. Multhauf a installé deux résistances liquides mises, l'une pour les charges très élevées, l'autre pour de plus petites charges. La résistance pour fortes charges est installée de la manière suivante : elle est constituée par une caisse en bois bien isolée, ayant une longueur de 2,36 m, une largeur de 1,46 m et une hauteur de 1,02 m. Une plaque de tôle est fixée verticalement sur l'un des petits côtés, tandis qu'une seconde plaque parallèle qui peut être déplacée en roulant sur des rails dont elle est isolée, peut en être rapprochée plus ou moins, en actionnant d'une plate-forme isolée deux arbres en bois, qui commandent chacun une corde sans fin.

Une circulation d'eau empruntée à la canalisation de la ville permet de procéder à des essais de longue durée (on a fait des essais de 5 heures à la réception des machines).

Le rhéostat pour faibles charges est placé en série et peut être mis en court-circuit, lors des essais avec la grande résistance. Ce rhéostat est à résistance variable par enfoncement plus ou moins grand et a une électrode en forme de pyramide rectangulaire mobile.

Un câble armé relie les deux rhéostats au tableau ; en plaçant des coupe-circuits et en manœuvrant des interrupteurs correspondants, on peut les brancher sur l'un ou l'autre système de barres.

On voit que le service de l'usine, quoique en apparence très compliqué vu le grand nombre d'unités, est en réalité très facile et que toutes les précautions de sécurité ont été prises.

F. Loppé

La formation électrolytique du plomb métallique en peroxyde de plomb, par **Franz Peters**. — *Centralblatt f. Accumulatoren-und Elementenkunde*, t. II, p. 293, 305, 321, t. III, p. 83.

L'auteur a exécuté cette formation à l'aide de différents électrolytes.

Comme électrodes, il prenait des plaques unies de plomb laminé. Trois plaques ainsi constituées étaient montées dans un élément, avec un écartement de 2 centimètres entre elles, la plaque du milieu étant reliée au pôle positif de la source, les deux autres plaques formant cathodes. Les plaques avaient comme surface d'un côté $6 \times 12 = 72$ cm², de sorte que la surface totale positive d'un élément atteignait 144 cm², soit en chiffres ronds 1,5 dm². Parfois on prenait des éléments à cinq plaques ; on avait ainsi une surface positive double. Pour chaque série d'essais on plaçait en tension quatre ou deux de ces éléments. Comme source de courant, on prenait des accumulateurs, neuf dans le premier cas et quatre dans le second. L'intensité était mesurée à l'aide d'un ampèremètre Hartmann et Braun de 1,2 ampère ; la tension, à l'aide d'un voltmètre Siemens de précision.

Pour déterminer exactement le nombre d'ampères-heure on se servait d'un voltamètre à cuivre avec électrolyte d'Oettel (pour 1 litre d'eau. 150 gr sulfate de cuivre, 50 gr acide sulfurique concentré, 50 gr alcool absolu).

Pour la détermination du peroxyde, les plaques positives étaient d'abord lavées convenablement et ensuite traitées par un excès d'une solution bouillante d'acide oxalique mélangée d'une quantité suffisante d'acide nitrique, jusqu'à ce que toute trace de peroxyde ait disparu et que la surface soit redevenue métallique La solution ainsi obtenue débarrassée des produits de décomposition de l'acide nitrique était titrée par le permanganate de potassium. On obtenait ainsi la quantité d'acide oxalique non utilisé et par suite, le PbO^2

1° *Acide sulfurique comme électrolyte.* — J.-H. Gladstone et A. Tribe ont déjà trouvé en 1883 que par l'emploi d'acide très étendu (1/1000) la formation Planté a lieu beaucoup plus rapidement qu'avec l'acide ordinairement employé à 20° B., et que l'action est beaucoup plus intense dans les premières minutes que plus tard. Ils observaient aussi la formation d'oxyde jaune et de sulfate sous le peroxyde.

Henri Owen Tudor [1] a proposé plus tard de charger avec interruption les plaques de plomb comme positives dans l'acide de 0,5 à 2° B. Lorsque survient le dégagement gazeux, les intervalles de repos sont remplacés par de légères décharges, jusqu'à ce qu'une couche suffisamment poreuse et épaisse soit obtenue. Quinze à vingt-cinq jours suffisent pour cela. Mais la couche très dure renferme une grande quantité de sulfate de plomb. C'est pourquoi les électrodes sont chargées en négatives dans le même acide faible jusqu'à la réduction complète et au dégagement gazeux. On transforme ensuite en peroxyde foncé en chargeant jusqu'à dégagement gazeux dans l'acide fort (15 à 20° B.); après repos, on charge à nouveau jusqu'au dégagement gazeux, puis on décharge lentement et on recharge. Le traitement peut être répété plusieurs fois.

Dans les recherches effectuées ici, l'auteur prenait pour 1 litre d'eau, *a* 2 cm³, *b* 24 cm³ d'acide sulfurique concentré de sorte que l'élément *a* renfermait 0,37 p. 100 d'acide sulfurique et titrait 0,3° B. pendant que l'élément *b* contenait de l'acide à 4,42 p. 100 de SO^4H^2 soit comme concentration 4° B Les deux éléments, à une positive chacun, étaient chargés en tension à l'intensité moyenne 0,61 ampère pendant quarante-sept heures et demie. Un poids de cuivre de 34,60 gr déposé dans le voltamètre indiquait un passage de 29,174 ampères-heure pendant ce temps.

Aussitôt le circuit fermé, les plaques positives devenaient sombres, celle de *a* plus fortement. Le dégagement gazeux était assez vif pendant toute la durée de l'essai. Dans l'élément *a*, on remarquait après environ vingt-quatre heures

[1] Brevet anglais 10718 du 18 mai 1896.

une faible chute de matière qui augmentait encore un peu jusqu'à la fin de l'essai. Les dépôts obtenus étaient entièrement unis. Celui de la plaque *a* montrait seulement quelques efflorescences. Après dissolution du peroxyde, on remarquait aussi sur cette plaque quelques cavités, pendant que la surface *b* était restée unie.

Les tensions et intensités de courant atteignaient les valeurs suivantes :

TEMPS en heures depuis le commencement de l'essai.	DIFFÉRENCE DE POTENTIEL en volts.		INTENSITÉ en ampères.
	a.	*b*.	
1/4	3,412	3,120	0,610
1	3,416	3,120	0,610
2	3,240	3,038	0,605
4	3,224	2,979	0,610
23 1/2	3,238	2,922	0,615
25	3,208	2,901	0,615
27	3,200	2,881	0,622
29	3,198	2,876	0,622
47 1/2	3,264	2,901	0,600

Ce tableau montre que pour cette intensité la tension tombe à sa plus faible valeur après vingt-neuf heures.

D'après le traitement à l'acide oxalique, on trouvait qu'il s'était formé dans l'élément *a* 0,2241 gr PbO^2 (y compris la petite chute) et dans l'élément *b* 0,2061 gr PbO^2. Rapportées à 100 ampères-heure, ces quantités deviennent

0,7683 gr PbO^2 pour *a*

et

0,7066 gr » *b*

2° *Acide sulfurique et alcool.* — Ludwig Epstein [1] a revendiqué l'addition d'alcool méthylique ou autre.

L'auteur a recherché ici l'influence de l'alcool sur la quantité de peroxyde formé.

a. Le bain était composé de 1 litre d'eau, 24 cm³ d'acide sulfurique concentré, et 50 cm³ d'alcool méthylique, et avait une densité de 1,005 à 17° C. Un courant de 0,64 ampère agissait pendant 48,5 heures, de sorte que 30,860 ampères-heure étaient dépensés.

[1] Brevet anglaise 2807 du 14 juin 1882.

La plaque positive était déjà brune après quelques minutes. Le dégagement d'oxygène n'était pas très considérable. Vers la fin de l'essai, la couche de peroxyde présentait une structure granuleuse. Un peu de matière active tombait. Pendant l'essai, on observait les valeurs suivantes relatives à la tension et à l'intensité.

TEMPS EN HEURES depuis le commencement de l'essai.	TENSION aux bornes en volts.	INTENSITÉ en ampères.
1/4	3,036	0,600
1	3,040	0,625
2 1/2	3,030	0,600
5	2,994	0,600
23	2,953	0,440
25	2,840	0,620
27	2,873	0,620
29	2,900	0,600
48 1/2	2,867	0,605

On voit que la tension est inférieure à celle de la formation 1°.

La densité à la fin de l'essai atteignait 1,020 à 20°.

L'analyse indiquait un poids de 1,1566gr PbO^2 pour les 30,86 ampères-heure, soit 3,748 gr p. 100 ampères-heure.

b. Un deuxième bain alcoolique renfermait 500 cm³ d'acide sulfurique de densité 1,152, et 50 gr d'alcool éthylique absolu. Son poids spécifique atteignait 1,133 avant l'essai et 1,147 après. La charge durait quarante-six heures et demie à l'intensité 0,58 ampère. Le dégagement gazeux était très fort. La couche de peroxyde était apparente après quatre minutes. Mais bientôt se formait beaucoup de sulfate de plomb qui troublait en partie l'électrolyte ; une plus grande partie restait fixée sur la plaque positive de sorte que celle-ci paraissait entièrement blanche et montrait seulement quelques points sombres de peroxyde.

La chute de matière était forte, mais celle-ci ne renfermait que peu de peroxyde.

Après dissolution de la couche active, la plaque de plomb était unie.

Pendant la charge, on observait les valeurs données dans le tableau suivant pour les tensions et intensités.

La tension restait ainsi la même pendant la durée de l'essai.

TEMPS EN HEURES depuis le commencement de l'essai.	TENSION EN VOLTS	INTENSITÉ en ampères.
2/3	2,958	0,600
21 1/2	3,000	0,605
23 1/2	2,938	0,600
25	2,918	0,590
46 1/2	2,970	0,600

Le poids de peroxyde obtenu correspondait à 5,6654 gr pour 100 ampères-heure.

3° *Acide sulfurique et hydroxylamine.* — Le bain de formation renfermait pour 1 litre d'eau, 24 cm³ d'acide sulfurique concentré et 10 gr de sulfate d'hydroxylamine ; sa densité constante était de 1,030. La disposition et la durée de l'essai étaient les mêmes que dans 2*a*. Après une heure et demie, la plaque montrait sur les bords une coloration brunâtre. La plus grande partie du peroxyde était apparue au deuxième jour de l'essai. Mais par contre, il existait du sulfate de plomb très abondant qui se dissolvait en quantités assez importantes. Le peroxyde noir obtenu était un peu granuleux.

Après dissolution de ce peroxyde, la lame de plomb paraissait en partie assez corrodée. Les tensions et intensités relevées pendant l'essai étaient les suivantes :

TEMPS EN HEURES depuis le commencement de l'essai.	TENSION EN VOLTS	INTENSITÉ en ampères.
1/4	2,880	0,600
1	2,999	0,625
2 1/2	3,126	0,600
5	3,400	0,600
23	3,204	0,440
25	3,870	0,620
27	3,600	0,620
29	3,724	0,600
48 1/2	3,570	0,605

La tension monte pendant tout l'essai, mais avec des retours en arrière.

La formation de peroxyde réalisée ici donne une quantité de 28,5079 gr pour 100 ampères-heure.

4° *Acide sulfurique et acide formique.* — L'électrolyte renfermait par litre 24 cm³ d'acide sulfurique concentré et 20 cm³ d'acide formique de densité 1,06. Sa densité était 1,023 à 17°. La disposition et la durée de l'essai étaient les mêmes que pour 2*a*. La plaque positive devenait déjà nettement brune après quelques minutes. Après vingt-quatre heures, de grandes écailles détachées de la plaque avaient vraisemblablement mis l'élément en court-circuit. On détachait celles encore attenantes à la plaque ; mais elles se reformaient bientôt. De plus, des parties grises, dures, détachées des négatives causaient aussi des courts-circuits. La partie superficielle était violacée mais devenait brune après un léger râclage. La structure était finement grenue. Au fond du vase s'était déposée la matière tombée, elle était de couleur brun grisâtre et renfermait du plomb et du peroxyde.

Pendant l'essai, les constantes étaient les suivantes :

TEMPS EN HEURES depuis le commencement de la décharge.	TENSION EN VOLTS	INTENSITÉ en ampères.
1/4	2,878	0,600
1	2,919	0,625
2 1/2	2,960	0,600
5	3,074	0,600
23	2,617	0,440
25	2,938	0,620
27	2,940	0,620
29	2,857	0,600
48 1/2	2,885	0,605

L'analyse montra dans ce cas 21,3258 gr de PbO^2 formés pour 100 ampères-heure.

5. *Acide sulfurique et acide acétique.* — Swinburne [1] a remarqué que l'emploi d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide acétique accélère fortement la formation.

Ludwig Epstein [2] a repris cette idée ; il additionne l'acide sulfurique de 0,5 à 2 p. 100 d'acide acétique.

L'auteur a fait les essais suivants :

a. Le bain de formation renfermait par litre d'eau 6 cm³ d'acide sulfurique concentré et 4 cm³ d'acide acétique à 90 p. 100 ; sa densité

(1) *Elektrotechn. Zeitschr.*, 1887, t. VIII, p. 34. *Society of Telegraph. Engineers and Electricians*, 11 et 25 novembre ; 2 et 9 décembre 1886.

(2) Brevet anglais, n° 350, du 8 janvier 1890.

était ainsi égale à 1,004. L'élément monté à une positive recevait 0,65 ampère pendant 47 heures, soit une quantité d'électricité de 30,607 ampères-heure exactement. Aussitôt après la fermeture du circuit, la plaque devenait brune et après 10 minutes environ il se formait des bandes blanches que l'on détachait à l'aide d'une baguette de verre. En même temps le liquide se troublait et déposait assez fortement de la matière blanche. Le dégagement gazeux à la positive était très faible. A la fin, la positive était recouverte d'une couche épaisse de couleur sombre qui, une fois enlevée, montrait la plaque de plomb profondément attaquée et amincie. Aux négatives, il ne s'était pas formé de plomb spongieux.

b. Ici la solution renfermait par litre d'eau 24 cm³ d'acide sulfurique concentré et 10 cm³ d'acide acétique (dont 6 au début et 4 le lendemain); la densité de l'électrolyte était égale à 1,022.

Les mêmes phénomènes se produisaient et il se formait du plomb spongieux aux négatives.

Les tensions observées dans les deux cas étaient les suivantes :

TEMPS depuis le début de l'essai, en heures.	DIFF. DE POT. EN VOLTS		INTENSITÉ en ampères.
	Elément *a*	Elément *b*	
1/4	1,542	2,938	0,610
1	3,044	2,934	0,620
2 1/2	3,128	3,080	0,600
23 1/2	3,160	3,024	0,610
47	3,240	3,028	0,608

La faible tension initiale de *a* s'explique vraisemblablement par un court-circuit. La tension augmente par suite de la formation de la couche blanche de plus en plus épaisse.

Le poids de peroxyde formé correspond à 102,0218 gr pour *a* et 124,1715 pour *b* par 100 ampères-heure.

c. Par litre d'eau, on introduisait ici 24 cm³ d'acide sulfurique et 14 cm³ d'acide acétique (dont 6 cm³ au début, 4 cm³ après 4 heures et 4 cm³ après 23 heures). L'élément recevait 28,836 ampères-heure à 0,61 ampère. Les tensions observées sont exprimées ci-dessous :

TEMPS EN HEURES depuis le début de l'essai.	DIFF. DE POT. en volts.	INTENSITÉ en ampères.
1/6	2,920	0,600
2	2,975	0,600
4	3,156	0,605
23	2,964	0,605
24 1/2	2,980	0,623
26	2,959	0,625
28 1/2	2,942	0,625
47	2,950	0,605

La quantité de peroxyde formé correspond à 139,4303 gr p. 100 ampères-heure.

6° *Acide sulfurique et nitrite de potassium*. — D'après Henry William Handcock et Alfred Herbert Dykes [1], l'addition de nitrites alcalins à l'acide sulfurique ne donne pas de résultats satisfaisants car les vapeurs nitreuses se dégagent et ne se combinent que partiellement au radical négatif de l'acide. Par contre, l'emploi du nitrite d'ammonium ou des bases organiques qui renferment les groupes AzH, AzH^2, etc., ne donne lieu à aucun dégagement gazeux et les solutions sont plus complexes dans leur constitution.

Si on mélange rapidement de l'acide sulfurique de densité 1,05 à du nitrite d'ammonium de densité 1,1, on doit pouvoir former en 2 à 5 jours. Le peroxyde obtenu est cristallin et les bulles de gaz n'y restent pas attachées, ce qui d'après ces auteurs doit rendre moins différentes les tensions de charge et de décharge.

Fr. Peters a obtenu son bain de formation en mélangeant une solution renfermant 500 cm³ d'eau et 100 gr de nitrite de potassium (densité 1,1) à une solution de 500 cm³ d'acide sulfurique de densité 1,05.

La solution de densité 1,075, devenait bleuâtre et dégageait des vapeurs brunes. On la chauffait jusqu'à presque complet dégagement gazeux.

Après refroidissement, on chargeat dans ce liquide, la positive à 0,6 ampère.

Au bout d'une heure et demie on ne remarquait encore aucun dépôt brun sur la plaque. Par contre, une couche blanche se formait qui

[1] Brevet anglais, n° 1204, du 16 janvier 1897.

augmentait d'épaisseur et sous laquelle se trouvait, après 22 heures une légère couche brune.

7° *Acide sulfurique et acide nitrique.* — On sait que Gaston Planté (1) accélérait la formation en trempant pendant 24 heures la plaque de plomb à former dans l'acide nitrique étendu de un à deux volumes d'eau. Après lavage, la plaque chargée dans l'acide sulfurique se formait en quelques heures seulement par suite de l'augmentation de porosité du plomb.

Le renversement du courant est avantageux ; mais il n'est pas nécessaire comme dans le cas de l'acide sulfurique seul.

Thomas Parker et Paul Bedford Elwell (2) plongeaient les plaques dans l'acide nitrique étendu additionné d'acide sulfurique. La formation s'effectuait dans ce bain dans lequel l'hydrogène électrolytique décompose l'acide nitrique, ou encore dans l'acide sulfurique étendu au neuvième.

C'est le même procédé qu'employaient Charles Moseley et Thomas Parker (3) et G. Garassinos (4).

Ludwig Epstein (5) portait les plaques dans l'eau, additionnée de peu (1 p. 100) d'acide nitrique ; il chauffait ensuite à ébullition jusqu'à ce que les plaques aient pris un aspect gris. La couche superficielle formée, qui était très adhérente et pratiquement insoluble dans l'électrolyte devait absorber facilement les gaz formés, de sorte qu'on obtenait une peroxydation rapide. Celle-ci s'effectuait dans l'acide sulfurique ou un sulfate, avantageusement en présence d'un acide pour lequel le peroxyde agissait comme base, tel que les acides acétique, phosphorique.

L'auteur, dans ses essais, a employé des bains qui renfermaient par litre d'eau :

a. 2 cm³ d'acide sulfurique concentré et 2 cm³ d'acide nitrique de densité 1,18.

b. 12 cm³ d'acide sulfurique concentré et 10 cm³ d'acide nitrique de densité 1,18.

Dans les deux éléments, le dégagement d'oxygène était très petit.

Après 10 minutes, les plaques positives se couvraient sur les bords d'une couche brune sur laquelle se montrait bientôt une couche blanche qu'on enlevait avec une baguette de verre. L'électrolyte de *a* se troublait rapidement ; celui de *b* plus lentement. Un dépôt blanc se produisait dans les deux éléments, plus important dans *a* que dans *b*. A la fin de l'essai, la positive *a* était recouverte d'une faible couche brune pendant que celle de *b* offrait une couche de peroxyde tenant mal et recouvrant une couche blanche. Après dissolution du peroxyde de la positive *a*, la plaque paraissait unie, tandis que *b* était assez fortement attaquée, moins cependant que 5 *a*.

Les tensions observées pendant les essais étaient les suivantes :

TEMPS depuis le commencement de l'essai en heures.	TENSIONS EN VOLT		INTENSITÉ en ampères.
	Elément *a*	Elément *b*	
1/4	1,583	2,508	0,6:0
1	5,640	2,740	0,620
2 1/2	2,402	3,044	0,600
23 1/2	0,360	3,524	0,610
47	0,323	3,450	0,608

La baisse de tension de *a* s'explique par les courts-circuits. L'augmentation de tension de *b* provient de la couche blanche mauvaise conductrice.

La quantité de peroxyde formé correspondait à 0,8369 gr pour l'élément a et à 108,6538 gr pour l'élément b, par 100 ampères-heure.

8° *Acide sulfurique et chlorate.* — Paul Schoop (1) a recommandé l'emploi des chlorates pour accélérer la formation. Il obtient un bon résultat en mélangeant 2 000 parties d'eau, 140 parties d'acide sulfurique à 50 p. 100, 7 parties de chlorate de potassium et 100 parties de sulfate d'ammoniaque, ou 100 parties d'eau, 5 parties de bisulfate de sodium et deux tiers de partie de chlorate de potassium. Avec ces bains, la formation demande de 36 à 100 heures.

La densité de courant adoptée était en général un sixième ampère par décimètre carré et la température 10° C.

(1) Brevet anglais, n° 3296, du 11 juillet 1882.
(2) Brevet anglais, n° 3710, du 4 août 1882.
(3) Brevet anglais, n° 11307, du 23 septembre 1885.
(4) Brevet anglais, n° 12665, du 9 juillet 1892.
(5) Brevet anglais, n° 350, du 8 janvier 1890.

(1) Brevet anglais, n° 7513, du 14 mai 1890.

Dans ce cas, il se forme du chlorate de plomb qui se transforme plus ou moins rapidement en peroxyde. Celui-ci devient tout de suite apparent si par exemple, le bain renferme 7 p. 100 de chlorate de potassium, la densité étant 0,2 ampère par décimètre carré et la température 26° C environ. La présence du sulfate d'ammoniaque évite la dissolution du plomb de la négative.

Dans ses expériences, Peters a pris :

a. Pour 1 litre d'eau, 3,5 gr de chlorate de potassium, 50 gr de sulfate d'ammoniaque cristallisé et 70 gr d'acide sulfurique à 50 p. 100. La densité atteignait 1,040. L'élément était chargé 46 heures à 0,54 ampère. Au début de l'essai, la plaque positive était seulement faiblement brune.

Dans la suite, la plaque devenait de plus en plus foncée, jusqu'au noir.

Une petite partie de la couche tombait en écailles et la plaque présentait quelques petits points blancs. Les mesures de tension et d'intensité indiquaient les valeurs suivantes :

TEMPS EN HEURES depuis le commencement de l'essai.	DIFF. DE POT. en volts.	INTENSITÉ en ampères.
1/3	3,020	0,600
1	3,240	0,650
22 1/2	3,240	0,600
23 1/2	3,236	0,620
46	3,194	0,620

qui montrent qu'il n'y a pas de variations essentielles de la tension.

Pour 100 ampères-heure, la quantité de peroxyde formé atteignait 94,11 gr PbO^2 et le dépôt 6,4751.

b. La solution de 0,1 gr chlorate de potassium et de 15 gr de sulfate de soude était légèrement acidulée à l'acide sulfurique ; sa densité était égale à 1,002. L'élément à trois plaques recevait 26,939 ampères-heure au régime de 0,57 ampères. Le dégagement d'oxygène était faible ; la plaque positive devenait brune après quelques minutes. Après une demi-heure, il tombait déjà un peu de peroxyde, puis le dépôt noir augmentait rapidement.

La couche de matière active n'était pas uniforme et après dissolution du peroxyde, on trouvait le plomb fortement rongé. Sur les plaques négatives, il se forme beaucoup de plomb spongieux. Quant à l'électrolyte il devient alcalin et un peu trouble à la fin de l'essai. Le tableau suivant indique les tensions obtenues.

TEMPS EN HEURES depuis la commencement de l'essai.	DIFF. DE POTT. en volts.	INTENSITÉ en ampères.
1/2	3,832	0,600
2 1/2	3,878	0,600
4 1/2	3,876	—
23 1/2	4,118	0,600
25 1/2	4,084	0,605
27	4,082	—
29	4,082	—
47 1/2	4,224	0,610

Pendant la première demi-heure, la tension monte d'une façon insignifiante.

En comptant la grande quantité de matière déposée, on trouve comme poids de peroxyde formé 121,6361 gr PbO^2 pour 100 ampères-heure.

c. La solution renfermait par litre d'eau, 6,6 gr de chlorate de potassium, et 50 gr de bisulfate de potassium ; sa densité était de 1,037. Sa réaction restait acide jusqu'à la fin de l'essai La disposition et la durée de l'essai étaient la même qu'en *a*. La positive se recouvrait de nombreux petits points blancs. Le dépôt blanc était plus élevé qu'en *a*. Après dissolution du peroxyde, on trouvait le plomb profondément attaqué.

Pendant l'essai, la tension restait sensiblement constante, comme l'indique le tableau suivant :

TEMPS EN HEURES depuis le commencement de l'essai.	DIFF. DE POT. en volts.	INTENSITÉ en ampères.
1/3	3,144	0,600
1	3,236	0,650
22 1/2	3,160	0,600
23 1/2	3,160	0,620
46	3,044	0,620

La quantité de peroxyde formé par le passage de 100 ampères-heure atteignait 117,4536 gr PbO^2 dont 112,2872 gr sur la plaque et 5,1664 gr dans le dépôt.

9° *Acide sulfurique et perchlorate.* — D'après Lorenz Lucas (1), l'acide perchlorique a sur les autres composés du chlore, comme l'acide chlorique et l'acide chlorhydrique, l'avantage de ne pas donner de chlore par l'électrolyse et de pouvoir être souvent employé tandis que les bains d'acide chlorique doivent être jetés après une ou deux utilisations.

Dans ses essais, Fr. Peters dissolvait 15 gr de perchlorate de potassium dans 1 litre d'eau, et ajoutait 13 gr d'acide sulfurique concentré.

La densité atteignait 1,015. Avec 1,15 ampère, il se formait sur les deux positives de l'élément une couche blanche, immédiatement après la fermeture du circuit ; cette couche augmentait très rapidement ; l'électrolyte devenait trouble. Après 21 heures l'élément était en court-circuit par suite d'une abondante formation de plomb spongieux aux plaques négatives. Une partie du plomb spongieux était tombée au fond. Après filtration de l'électrolyte, on a essayé de continuer la formation ; mais après une demi-heure, de nouveaux courts-circuits se produisaient et l'essai était arrêté. Les positives présentaient d'abondants amas blancs et le peroxyde tenait mal.

10° *Acide sulfurique et permanganate.* — D'après Ludwig Epstein (2), le permanganate ou l'acide permanganique accélèrent la formation. Comme la formation du peroxyde est parfois aidée par l'alcool, il recommande en particulier une solution saturée de permanganate de potassium qu'on additionne d'au moins 10 p. 100 d'acide sulfurique et 10 p. 100 d'alcool méthylique.

Lorsque pour une densité de courant approprié, de grandes quantités de gaz commencent à se montrer le courant est inversé, comme dans le vieux procédé de formation Planté. D'après les données du même inventeur (3), on peut aussi porter, avant la formation, les plaques dans une solution bouillante de permanganate de potassium à 1 p. 100, on produira d'abord le permanganate par ébullition d'une solution de 1 p. 100 de sulfate de manganèse qui renferme 1 p. 100 d'acide nitrique.

(1) Brevet allemand, n° 90446, du 18 juin 1896.

(2) Brevet anglais, n° 2807, du 14 juin 1882.

(3) Brevet anglais, n° 350, du 8 janvier 1890.

Wilhelm Schäfer et Arthur Heinemann (1), ainsi que l'Accumulatoren-Werke Hirschwald, Schäfer et Heinemann (2) veulent des plaques qui soient remplies avec des pastilles de glycérine ; la formation se faisant dans l'acide sulfurique à 16° B, additionné du permanganate alcalin. On ajoute d'abord peu de permanganate ; l'intensité monte successivement et le liquide est maintenu refroidi.

Sur la plaque positive, il doit se former ensuite une combinaison du peroxyde de plomb avec celui de manganèse, un sel manganique de plomb.

Dans ses expériences, l'auteur composait l'électrolyte de 1 litre d'eau, 24 cm^3 d'acide sulfurique concentré et 0,1083 gr de permanganate de potassium ; la densité du liquide obtenu était 1,023 à 17° C. Les conditions et la durée de l'essai étaient les mêmes qu'en 2*a*. La plaque positive devenait brune quelques minutes après fermeture du circuit ; le dégagement d'oxygène était faible pendant l'essai. Comme après 28 heures, l'électrolyte n'était plus que faiblement coloré, on rajoutait 0,0325 gr de permanganate. A la fin de l'essai, la coloration avait à nouveau disparu ; la plaque positive était recouverte d'une couche unie brun grisâtre.

Dans la petite quantité de matière déposée, on retrouvait un peu de bioxyde de manganèse, en partie adhérant aux parois de l'élément. Après dissolution du peroxyde, le support en plomb était uni.

Les tensions et intensités observées étaient les suivantes :

TEMPS depuis le commencement de l'essai, en heures.	DIFF. DE POT. en volts.	INTENSITÉ en ampères.
0,25	3,106	0,600
1	3,164	0,625
2,5	3,198	0,600
5	3,152	0,600
23	3,064	0,440
25	3,090	0,620
27	3,040	0,620
29	3,010	0,600
47,5	2,963	0,605

(1) Brevet anglais, n° 17566, du 15 septembre 1894.

(2) Brevet allemand, n° 80420, du 18 août 1893.

L'analyse indiquait une quantité de peroxyde formé, égale à 0,6642 gr, qui correspond à 2,1524 gr pour 100 ampères-heure.

(*A suivre*). L. J.

DISTRIBUTION

Interrupteur automatique pour transformateurs, par **D. Jakobovitz**. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, p. 181, 13 avril 1902.

La mise hors circuit d'un transformateur qui ne travaille pas a toujours préoccupé les électriciens, à cause des pertes élevées dues au fer. Le dispositif suivant convient particulièrement bien à une installation de moteurs susceptibles de rester plusieurs heures consécutives sans fonctionner.

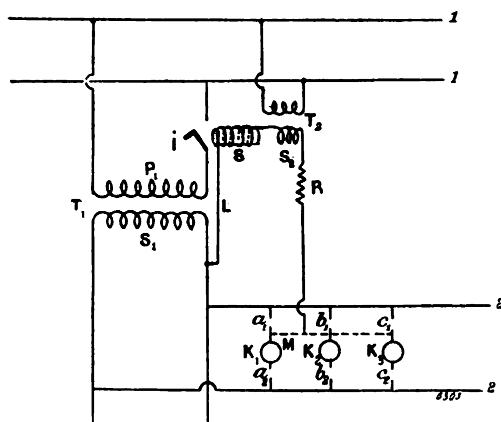


Fig. 1.

1, 1, fils de ligne sur lesquels on branche le primaire P_1 du transformateur T_1, par l'intermédiaire de l'interrupteur I, (fig. 1). S_1, est le secondaire qui comprend les récepteurs en dérivation K_1, K_2, K_3, munis d'interrupteurs bipolaires $a_1\, a_2$, $b_1 b_2$, $c_1 c_2$, qu'on ferme dans l'ordre indiqué, c'est-à-dire, d'abord a_1, puis a_2 pour K_1, etc. Les récepteurs sont réunis électriquement par le conducteur M, disposé de telle sorte que la connexion subsiste même lorsque les interrupteurs doubles sont ouverts. En face de I, on voit un solénoïde S; si ce dernier est excité, il attire I, qui ferme le primaire P_1 de T_1; sinon, le bras I tombe par son propre poids et T_1 est mis hors circuit. Tout revient donc à donner ou retirer le courant à S au moment de la mise en marche ou de l'arrêt des récepteurs. Pour cela, un petit transformateur T_2 reste toujours connecté au réseau; son secondaire S_2 comprend : l'électro S, le conducteur L relié à S_1, le fil de jonction M et la résistance R. Pour mettre K_1, par exemple, en circuit, on fermera d'abord a_1 et un courant circulera dans $S_2RMa_1LSS_2$ qui excitera S, puis on fermera a_2. Les appareils sont absolument indépendants et peuvent fonctionner ensemble ou séparément. Les pertes se réduisent donc à celles du petit transformateur; les frais d'établissement du conducteur M sont insignifiants, puisqu'on peut lui donner une section très petite. Le rôle de la résistance R est de maintenir le courant circulant dans S_2 à une valeur très faible par rapport à celui absorbé par les récepteurs. T. Pausert.

DIVERS

Sur l'action de la tension et du rayonnement électriques sur le cohéreur, par **A. Ketterer**. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 589-594, septembre 1902.

Cette action est mesurée par la valeur de la résistance du cohéreur. Comme la tension appliquée aux bornes du cohéreur atteignait 200 volts dans certaines expériences et qu'une telle tension produit dans l'instrument cohéré un courant intense qui ne tarderait pas à le détériorer, la mesure de la résistance finale s'effectuait au moyen d'un galvanomètre sensible, convenablement shunté et relié aux extrémités du cohéreur, lequel faisait connaître *simultanément* l'intensité du courant qui traverse le cohéreur et la différence de potentiel entre ses extrémités. On s'assurait avant chaque expérience que le cohéreur était bien décohéré, c'est-à-dire que sa résistance était de plusieurs mégohms.

Les tubes employés étaient à limaille et électrodes de nickel.

Diverses précautions étaient prises pour éliminer les causes perturbatrices. Parmi ces causes perturbatrices, l'expérience a mis en évidence : *les états de service antérieurs* du cohéreur, la *nature de la source électrique* fournissant la tension (les accumulateurs, par suite de la « poussée » due à leur faible résistance intérieure, ont une action plus forte), le *degré d'intensité du choc* destiné à décohérer le tube, enfin des *causes accidentelles* (décharge électrique de l'atmosphère, forts coups de vent).

1° *Action de la tension*. En mesurant la résistance finale du tube pour des valeurs croissantes de la tension comprises entre 10 et 200 volts,

on constate que cette résistance va régulièrement en décroissant. Voici, à titre d'exemple, les résultats d'une série d'expériences :

Tension	10	20	30	50	70	100	150	200 v.
Résistances. . .	402	336	302	218	152	87	64	45 Ω

Cette loi de variation de la résistance finale avec la tension s'est trouvée vérifiée également en opérant avec des tensions décroissantes ; ainsi :

Tension	200	150	100	70	50	30	20	10 v.
Résistances. . .	33	47	93	118	150	196	236	303 Ω

On peut remarquer que, pour une même valeur de la tension, la résistance est plus forte pour des tensions croissantes que pour des tensions décroissantes ; c'est ce qui résulte également d'expériences effectuées en faisant décroître puis croître les tensions à plusieurs reprises ; ainsi avec l'un des cohéreurs étudié de cette façon on a trouvé

Tension	Résistance finale			
20 v	130 Ω	110 Ω	128	84
30	115	101	107	75
50	95	80	77	63
70	75	65	56	50
100	55	44	39	35
150	29	31	27	24
200	27	20	18	15

Il y a là, dit l'auteur, « un phénomène d'accommodation moléculaire, assimilable en quelque sorte au magnétisme rémanent, qui accentue l'analogie des phénomènes de cohérence avec ceux du magnétisme ».

2° *Action du rayonnement électrique*. Le rayonnement est fourni par une étincelle produite, entre deux tiges métalliques, par la rupture d'un circuit où on peut faire varier l'intensité du courant ou la self-induction du circuit.

La *distance* de l'étincelle au cohéreur a une influence manifeste : la résistance finale du cohéreur sous l'action d'une étincelle augmente avec cette distance.

L'*état des surfaces* des électrodes exige une attention minutieuse : chaque étincelle doit jaillir entre des électrodes présentant le même degré de propreté et de poli.

La *nature des électrodes* entre lesquelles l'étincelle est produite influe considérablement : tandis que l'étincelle jaillissant entre deux tiges de cuivre ou de maillechort fait tomber la résistance vers 109 ohms, celle qui jaillit entre deux tiges de charbon donne une résistance finale d'environ 260 ohms, et celles qu'on obtient entre des électrodes en mercure ou en zinc amalgamé ne produisent pas d'action.

La *self-induction* du circuit a un rôle particulièrement intéressant : En faisant croître la self-induction du circuit de 0,01375 à 0,44 henry, l'intensité du courant restant 1 ampère, on constate que la résistance finale commence par décroître puis croît ensuite ; le minimum se produit pour une self-induction de 0,11 henry. La valeur de la self-induction correspondant au minimum de la résistance dépend d'ailleurs de l'intensité du courant dans ce circuit ; elle décroît quand cette intensité diminue, comme le montre nettement le tableau suivant où la place du minimum est indiquée par un trait.

Self-induction	Résistance finale du cohéreur II				
	$i =$ 0,15 a	0,30 a	1,0 a	1,5 a	2,0 a
0,01375 h	640 Ω	202 Ω	325 Ω	570 Ω	?
0,0275	504	161	220	380	147
0,055	388	149	107	125	156
0,11	165	138	52	134	176
0,165	153	123	78	189	222
0,22	128	142	95	193	239
0,33	153	163	120	204	320
0,44	165	202	177	255	290

L'*intensité du courant* doit nécessairement avoir une influence d'après ce qui précède ; on peut même prévoir que pour une même self-induction la résistance finale passera par un minimum pour une certaine valeur de l'intensité, valeur qui sera d'autant plus faible que la self-induction sera plus grande ; les chiffres du tableau suivant confirment cette prévision.

Intensité	Résistance finale du cohéreur II				
	L = 0,01735 h	0,055 h	0,11 h	0,44 h	0,59 h
0,15 a	290 Ω	171 Ω	282 Ω	115 Ω	168 Ω
0,3	260	168	204	100	168
0,5	227	166	188	69	168
0,8	193	162	98	88	179
1,1	166	144	66	105	198
1,5	131	107	80	138	208
2,0	124	127	100	165	225
2,5	120	133	129	197	262
3,3	—	152	196	—	284
4,1	—	174	236	—	—

Le Gérant : C. NAUD

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES [1]

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

Théories et Généralités.

Conducteurs, Électrolytes et Diélectriques.

Décharge électrique.

[1] Les titres des matières publiées dans la *Littérature des Périodiques et des Brevets* sont suivis des indications (*p*) ou (*b*); les analyses publiées dans la *Bibliographie* sont indiquées par un (B).

Oscillations hertziennes.

Rayons cathodiques, Rayons Rœntgen, Rayons Becquerel, etc.

Magnétisme.

Sources d'électricité.

Électricité atmosphérique et Magnétisme terrestre.

Electro et Magnéto-optique.

Electrocapillarité et Électrobiologie.

APPLICATIONS

Génération et Transformation de l'énergie électrique.

Transmission et Distribution.

Applications mécaniques.

Traction et Propulsion.

Télégraphie et Téléphonie.

Applications thermiques.

Éclairage électrique.

Électrochimie et Électrométallurgie.

MESURES

DIVERS

Sociétés savantes, techniques et industrielles.

Expositions, Concours, Prix, Laboratoires.

Bibliographie.

Nécrologie.

Divers.

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

C

D

E

F

G

N

O

P

R

S

T

V

W

Y

Z

Tome XXXII Samedi 5 Juillet 1902. 9e Année — N° 27

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).

M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Télégraphone H. Carbonnelle. — Un de nos lecteurs belges, — dont nous n'avons pu déchiffrer la signature et qui nous excusera, dès lors, de ne pas lui avoir accusé réception de sa lettre, — ayant eu récemment l'occasion de faire des recherches parmi les brevets belges, nous signale un brevet de M. Henry Carbonnelle, daté de 1896, où se trouve décrit un procédé permettant, comme le télégraphone Poulsen, d'invention plus récente, l'inscription et la reproduction des messages téléphoniques.

On se souvient que le principe du télégraphone Poulsen, présenté à l'Exposition de 1900 et dont nous avons donné, dans ces colonnes, une description détaillée (t. XXIII, p. 397), est le suivant : les courants, développés par le mouvement de la membrane d'un téléphone devant lequel on parle, traversent un petit électro-aimant dont les pôles embrassent un fil d'acier et produisent sur ce fil une série de « taches magnétiques » ; lorsque l'inscription est ainsi effectuée, si l'on fait glisser le fil devant l'électro-aimant avec la vitesse et le sens primitifs, les taches magnétiques donnent lieu à des courants qui actionnent le téléphone et les paroles prononcées auparavant devant cet instrument se trouvent reproduites.

D'après le brevet belge 119 411 du 20 janvier 1896, M. Carbonnelle utilise un disque tournant en matière isolante, de part et d'autre duquel se trouvent, aux extrémités d'un même diamètre, quatre tiges conductrices isolées ; deux de ces tiges, A et B, sont reliées aux bornes d'un téléphone T ; les deux autres, A′ et B′, aux bornes d'un second téléphone T′. Si l'on parle devant T, les forces électromotrices développées par le mouvement de la membrane chargent plus ou moins le condensateur formé par les tiges A et B, et ces charges produisent, sur la partie du disque située entre les tiges, une « déformation diélectrique » ; quand, par le mouvement de rotation du disque, les régions ainsi déformées passent entre les tiges conductrices A′ et B′, celles-ci se chargent et donnent lieu à des courants qui actionnent la membrane du téléphone T′.

Comme on le voit, tandis que M. Poulsen utilise les actions magnétiques, M. Carbonnelle préconisait plusieurs années auparavant des actions électrostatiques dans le même but.

Mais si le principe des deux instruments est différent, les dispositifs indiqués pour sa mise en pratique diffèrent peu. Le disque et les deux téléphones de M. Carbonnelle se retrouvent dans un dispositif de M. Poulsen, constitué par une bande d'acier enroulée en forme de circonférence sur la jante d'une roue non magnétique et glissant entre deux électro-aimants servant, l'un à l'inscription, l'autre à la reproduction de la parole. Quant au dispositif primitif de M. Poulsen, celui qui était présenté à l'Exposition et dans lequel l'inscription se fait sur un fil de grande longueur enroulé en hélice sur un cylindre, l'idée s'en trouve en germe dans le brevet de M. Carbonnelle où il est question d'un appareil dont le disque est remplacé par une bande de matière diélectrique enroulée en spirale hélicoïdale autour d'un axe de rotation.

Parmi les applications envisagées par M. Carbonnelle dans son brevet, notre correspondant nous signale les deux suivantes :

1° Analyser les courbes des courants variables en reliant aux deux tiges A′ et B′ un électromètre. On pourrait alors reproduire ensuite ces courbes par

Compagnie Française pour l'Exploitation des Procédés

THOMSON-HOUSTON

CAPITAL : 40 MILLIONS

Siège social : 10, rue de Londres, PARIS

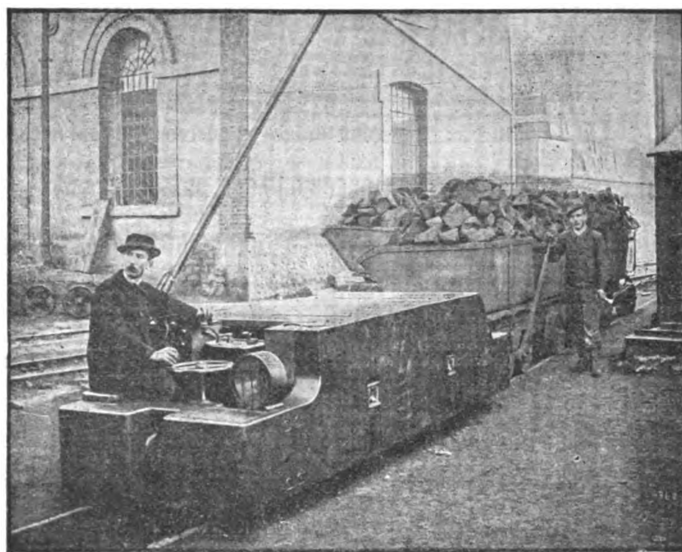
Téléphone :
158.81 — 158.11 — 258.72

Adresse télégraphique :
Elihu-Paris

Traction électrique

Éclairage électrique — Transport de force

LOCOMOTIVES DE MINES



La locomotive électrique, représentée ci-dessus, est notre modèle T M M 30.

Grâce à ses dimensions réduites, (1 m 25 de largeur), elle peut pénétrer dans les galeries les plus étroites et sa puissance est suffisante pour pouvoir transporter, par 24 heures, à une distance de 2 kilomètres du lieu d'extraction, 3000 tonnes de minerai au moyen de 6 à 8 wagonnets.

Diverses exploitations minières ou métallurgiques, tant en France qu'à l'étranger, en utilisent déjà un grand nombre.

synthèse en lançant un courant constant dans un rhéostat variable construit d'après les indications de l'électromètre et cette reproduction synthétique permettrait l'étude de ces courants sans avoir à se préoccuper de leur faible durée, puisqu'on pourrait donner à la période du courant reconstitué une valeur quelconque.

2° Augmenter la portée des conversations téléphoniques en employant l'appareil comme relais. Avec cette application, M. Carbonnelle entrevoyait la possibilité de la téléphonie transatlantique à l'aide des câbles télégraphiques actuels et il décrivait divers moyens pour y parvenir.

Disons, en terminant, qu'en mentionnant ici l'invention de M. Carbonnelle nous n'entendons nullement diminuer le mérite de M. Poulsen. Mais il nous a semblé intéressant de montrer que lorsqu'une invention, fût-elle géniale, se trouve réalisée, il est bien rare de ne pas lui trouver des antécédents ; suivant l'expression consacrée, l'invention est dans l'air. D'autre part, l'idée de M. Carbonnelle peut être mise à profit pour de nouvelles applications, ou tout au moins pour de curieuses expériences ; il importait donc de la signaler.

Notre correspondant belge se propose de rechercher les motifs qui ont empêché M. Carbonnelle de réaliser pratiquement les applications indiquées dans son brevet; nous tiendrons nos lecteurs au courant des résultats de cette enquête s'ils sont de nature à les intéresser.

Le Congrès de la propriété industrielle. — L'Association française pour la protection de la propriété industrielle vient de tenir son premier Congrès à Lille, sous la présidence de MM. Faucheur, président de la Chambre de commerce, et Pouillet, ancien bâtonnier; à ce Congrès assistait M. G. Breton, directeur de l'Office national de la Propriété industrielle, délégué par M. le Ministre du commerce.

Après de très intéressantes discussions auxquelles ont pris part notamment MM. Breton, Clément, Decroix, Fauchille, Lucien-Brun, Maillard, Mesnil, Théry, Vaillant et plusieurs autres personnes, ce Congrès a pris diverses résolutions que la *Revue Industrielle* du 28 juin résume ainsi :

A. — En ce qui concerne les brevets d'invention :

1° Sur le rapport de M. Bert, le Congrès a décidé à l'unanimité qu'il y avait lieu de remplacer la taxe

annuelle de 100 fr par une taxe progressive commençant à 25 fr pour la première annuité et augmentant de 25 fr chaque année jusqu'à 375 fr pour la quinzième annuité;

2° Sur le rapport de M. H. Josse, il a émis le vœu que la nullité d'un brevet pour défaut de nouveauté ne devait pas entraîner de plein droit la nullité des certificats d'addition si ceux-ci renferment un perfectionnement réel et brevetable;

3° Sur le rapport de M. Plé, le Congrès a décidé qu'il n'y a point lieu de modifier la législation française en ce qui concerne l'obligation d'exploiter les inventions brevetées;

4° Sur le rapport de M. Fayollet, le Congrès a décidé, à l'unanimité, que la faculté de maintenir un brevet d'invention secret pendant un an, comme cela vient d'être admis par la loi du 7 avril 1902, est regrettable et devrait être supprimée le plus tôt possible.

A ce sujet, M. Muzet, ancien député et rapporteur de la loi du 7 avril 1902, a déclaré que la commission de la Chambre des députés avait été obligée d'ajouter cette disposition pour obtenir l'adoption de la loi concernant la publication des brevets et le délai de grâce pour le paiement des taxes, parce que certaines personnalités avaient déclaré qu'elles s'opposeraient au vote de cette loi, si utile et depuis si longtemps réclamée par toute l'industrie, si cette disposition n'y était point comprise. M. Muzet a ajouté que, dans ces conditions, il ne voyait pas d'inconvénients à ce que l'on demandât dès maintenant la suppression, si récente que fût la loi, du

secret des brevets, qui est une réforme insuffisamment étudiée ;

5° Sur le rapport de M. Taillefer, le Congrès a émis le vœu que la cession des brevets ne donne plus lieu au paiement préalable et par anticipation des annuités non échues, que tous les contrats concernant la propriété ou l'exploitation des brevets soient transcrits, par extrait, à l'Office national de la Propriété industrielle, et que le mot breveté ne puisse être employé sans l'indication du numéro du brevet.

B. — En ce qui concerne le nom commercial :

Sur le rapport de M. Mack, le Congrès approuve les principes de la proposition préparée par l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle, aux termes de laquelle tout industriel ou commerçant aura la faculté de céder à ses successeurs l'usage de son nom, comme signature commerciale, à la condition que chaque cession soit enregistrée sur un registre de commerce, dont la publicité devra être assurée d'une façon complète.

C. — En ce qui concerne la protection des dessins et modèles industriels :

Sur le rapport de M. Maillard, le Congrès est d'avis que la loi du 11 mars 1902 n'a point abrogé la loi du 18 mars 1806 et que celle-ci peut encore être invoquée pour les dessins ou modèles employés dans l'industrie, qu'ils soient ou non protégés par la loi nouvelle.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

Applications mécaniques.

Sur les ascenseurs électriques, par H. D. James. *American Electrician*, t. XIV, p. 217-219, mai 1902. — L'auteur commence par quelques indications sur la disposition générale, l'équilibrage et les dispositifs de sécurité de ces appareils. Il distingue quatre types d'ascenseurs électriques, dont il donne successivement les principaux traits : ce sont les ascenseurs à tambour, à hélice, à double moteur et à entraînement par friction. Le départ et l'arrêt d'un ascenseur s'obtiennent tantôt par moyen mécanique, tantôt par moyen électrique. La commande électrique se fait d'ordinaire au moyen d'un commutateur placé dans l'ascenseur et dont la manœuvre a pour effet de desserrer d'abord le frein, puis d'envoyer le courant dans le moteur. Pour les grands appareils, on a, outre le frein mécanique, un frein électrique qui agit par mise en court-circuit de l'armature du moteur.

P. L.

Distribution d'énergie électrique dans le chantier naval de Quincy (Mass. Etats-Unis). *Electrical Review* (New-York), t. XL, p. 527-532, 26 avril 1902. — Le chantier naval de la Fore River Ship and Engine Company, à Quincy (Mass., Etats-Unis) s'étend sur une longueur de près de trois kilomètres le long de la rivière Wey-

mouth et comprend quatorze grands bâtiments où se font tous les travaux nécessaires à la construction des navires de guerre et de commerce. L'usine génératrice est placée au centre du chantier; elle fournit l'énergie sous forme de courant continu à 240 volts par distribution à deux fils et alimente 175 moteurs, 165 lampes à arc et 2 000 lampes à incandescence. Un moteur-générateur à voltage multiple permet, au moyen d'un réseau à quatre fils, de faire varier dans de grandes limites la différence de potentiel appliquée aux moteurs et par suite leur vitesse. La plupart des machines outils du chantier sont mues par l'électricité; la puissance totale des moteurs atteint 2 000 chevaux, mais la moyenne de la charge journalière, pour la force motrice et l'éclairage, est de 400 chevaux seulement, ce qui montre bien les avantages qu'on retire de la division de la force motrice obtenue par l'électricité. Chaque atelier est pourvu d'un tableau de distribution, relié à celui de l'usine par des canalisations souterraines ou aériennes. P. L.

Installation électrique de la fabrique d'épices Stickney and Poor à Charlestown (Massachusetts). *American Electrician*, t. XIV, p. 207-211, mai 1902. — Cette installation fournit un exemple intéressant de l'application de l'électricité aux besoins d'un petit établissement industriel. Tous les moulins sont conduits par moteurs électriques et l'usine est éclairée à l'électricité. La salle des machines renferme une machine à vapeur sans condensation Brown et Co, couplée directement à une génératrice de 125 kilowatts. L'article donne la description et les dessins de la salle des chaudières, de la salle des machines et de la distribution par soupapes de la machine à vapeur. La génératrice est une dynamo Crocker-Wheeler, compound, donnant 220 volts de tension aux bornes à la vitesse de 100 tours par minute. Les moteurs ont été installés par la Compagnie Westinghouse; ils sont au nombre de sept, d'une puissance de 5 à 40 chevaux.
P. L.

Applications de l'électricité dans les mines de houille américaines, par W. O. Irwin. *Electrical Review* (New-York), t. XL, p. 532-534, 26 avril 1902. — Les progrès accomplis dans ces dernières années par l'industrie de l'extraction de la houille sont dus en grande partie à l'électricité. Le remorquage des trains de charbon dans les mines était fait autrefois par des mules; on avait d'abord essayé de les remplacer par des locomotives à vapeur, mais leurs graves inconvénients pour ce service les firent abandonner. On eut alors recours aux locomotives à air comprimé dont beaucoup sont encore en usage mais on leur substitue aujourd'hui les locomotives électriques dont la supériorité a été reconnue. Quant aux haveuses mécaniques, celles actionnées par l'électricité sont de beaucoup les plus nombreuses. On estime qu'une de ces machines fait l'ouvrage de douze hommes. L'éclairage électrique des mines a supprimé en grande partie les lampes de mineurs et les dangers d'explosion. On applique encore l'énergie électrique aux ventilateurs, aux pompes, etc. Le résultat de tous ces perfectionnements dans l'outillage a été d'accroître considérablement la production des mines. P. L.

Traction.

Etude économique sur les transports rapides à Londres et à New-York, par J. Dredge. *Traction and Transmission*, t. III, n° 12, p. 139-147, mars 1902. — L'auteur fait une comparaison entre Londres et New-York au point de vue de la population, de l'étendue et de la forme. Londres présente une forme presque circulaire, le centre étant Charing Cross, tandis que le quartier central de New-York, l'île de Manhattan, a une forme allongée, d'où les conditions différentes pour le transport des voyageurs allant à leurs affaires. L'importance du trafic sur les différentes lignes de ces deux capitales est indiquée par de nombreuses tables qui donnent aussi les tarifs moyens. Des diagrammes montrent l'accroisse-

ment du trafic depuis 1884. On calcule qu'en un jour, à New-York, il y a un nombre de voyageurs supérieur à la population, à Londres seulement 60 à 70 p. 100. Dans cette dernière ville, le transport par omnibus et tramways est plus en faveur que par les chemins de fer. L'auteur pense qu'il n'y aurait pas avantage, à Londres, à établir des prix uniformes sur chaque ligne ; un essai de ce genre sera tenté sur le Inner Circle. Le prix moyen aujourd'hui est de 15 centimes, tandis qu'à New-York, le public accepte un prix uniforme de 25 centimes. En résumé, à Londres, les tramways et les chemins de fer arrivent à satisfaire aux besoins du public à l'intérieur de la ville. Mais il faudrait pouvoir desservir la banlieue jusque dans un rayon de 24 km à partir de Charing-Cross. C'est le grand problème qui se pose pour les compagnies de chemins de fer. Des gens ayant leurs affaires à Londres, tendent de plus en plus à aller habiter les environs, et en sont empêchés par la lenteur du transport. Les difficultés d'assurer un tel service sont considérables. Un diagramme (p. 145) fait pour la Compagnie London, Brighton and South Coast, montre que l'accroissement du trafic depuis les dix dernières années est négligeable, malgré le besoin de résidence à bon marché dans la banlieue. L'article indique encore d'autres résultats obtenus sur diverses lignes ; quatre planches figurent les réseaux de banlieue des principales compagnies. La Compagnie Great Eastern Railway est celle qui accuse le plus grand accroissement de trafic ; elle dessert des districts ouvriers. — Les tramways font une concurrence sérieuse aux chemins de fer. Lorsque les réseaux de tramways électriques de la banlieue seront complets, ils l'emporteront sur les chemins de fer par la commodité, le bon marché, la fréquence et même la vitesse. A mesure que les difficultés d'assurer le service à l'intérieur d'un certain rayon augmenteront pour les chemins de fer, ceux-ci devront y renoncer et s'appliquer à développer leurs services en dehors de ce cercle. Les lignes de grande banlieue auront sans doute la traction électrique, et ainsi sera assuré le transport rapide et à bon marché, l'encombrement des voies étant soulagé par les tramways. A. N.

La traction électrique sur les chemins de fer suisses ; *Electrical World*, t. XXXIX, p. 730-731, 26 avril 1902. — La Suisse devant acheter à l'étranger tout le charbon qu'elle consomme, on a déjà proposé de remplacer sur ses chemins de fer la traction à vapeur par la traction électrique, en utilisant la puissance hydraulique disponible dans le pays. L'ingénieur Thormann, de Zurich, vient de publier une étude intéressante sur la question. Il faudrait 30 000 chevaux pour les cinq lignes principales, ce qui nécessiterait la production d'énergie électrique jusqu'à concurrence de 60 000 chevaux, sous forme de courants alternatifs à haute tension. Thormann donne une liste d'usines hydrauliques qui sont, soit en projet, soit en cours de construction, dont la puissance totale atteint 86 000 chevaux. Cette étude a éveillé l'attention, et la Maschinenfabrik Oerlikon vient de demander au gouvernement fédéral la concession d'une ligne à voie normale de 20 km de longueur, dans un but d'expériences de traction électrique. P. L.

La traction électrique dans les mines de houille, par W.-B. Clark. *Electrical World*, t. XXIX, p. 541-543, 29 mars 1902. — Après quelques mots d'historique apprenant que la première application de l'électricité à la traction dans les mines de houille remonte à 1887, l'auteur décrit les installations actuelles de la Webster Coal and Coke C°, à Ehrenfeld, Pa. La station renferme deux génératrices polymorphiques de 150 kilowatts, excitées séparément et donnant, ou du courant continu à 275 volts, ou des courants triphasés à 179 volts, 25 périodes. Ces derniers sont élevés à la tension de 5 600 volts et envoyés à une sous-station distante de 2,700 km de l'usine génératrice ; des transformateurs abaisseurs de tension et des commutatrices effectuent la transformation inverse dans la sous-station. Le courant continu fourni par l'usine sert à la traction en dehors de la mine ; celui que fournit la sous-station est utilisé dans la mine elle-même. La traction est effectuée par 4 locomotives de 13 tonnes pouvant remorquer des rames de 50 wagons ; il y a en outre 4 treuils électriques de 80 chevaux pour la traction sur des plans inclinés. Les génératrices polymorphiques sont du même type que les commutatrices de la sous-station et serviront également de commutatrices de courants triphasés en courant continu lorsque le développement de l'installation exigera une augmentation de la puissance ; toutes les commutatrices seront alors alimentées par des courants à 5 600 volts fournis par de grands alternateurs.

Les tramways électriques de Leghorn (Italie), par Enrico Bignami. *Electrical Review*, New-York, t. XL, p. 501-503, 19 avril 1902. — La ville de Leghorn a adopté la traction électrique sur son réseau de tramways et sur une ligne interurbaine qui va de Leghorn à Montenero. Le matériel générateur se compose de trois machines à vapeur dont chacune actionne un moteur à courant continu donnant 400 ampères à 600 volts. Sur le réseau urbain, le trôlet aérien, du type ordinaire, est divisé en quatre sections alimentées chacune par un feeder ; les rails servent au retour du courant. Les voitures automotrices ont une puissance de 25 chevaux Sur la ligne de Leghorn à Montenero, où se trouvent des pentes fort raides, les voitures automotrices sont munies de

deux moteurs Schuckert de 30 chevaux ; le trôlet est double et divisé en trois sections d'alimentation. Cette ligne a 10 km de longueur. La puissance totale maxima fournie par l'usine génératrice est de 390 kilowatts.

P. L.

Éclairage.

Méthode simple pour maintenir constante la tension aux bornes des lampes à incandescence sur les chemins de fer électriques, par H. Schul. *Elektrotechnische Zeitschrift*, p. 292, 3 avril 1902. — L'équipement électrique du chemin de fer Le Fayet-Saint-Gervais et Chamonix a été confié à la Elektrizitäts Gesellschaft Alioth de Bâle-Münchenstein qui a fourni les moteurs, les appareils d'éclairage et de chauffage nécessaires aux 64 voitures automotrices appelées à faire le service. Les lampes à incandescence sont alimentées directement par le courant de la ligne et sont disposées par 5 en série sur 3 circuits parallèles. La plus grande variation de tension tolérée aux bornes des lampes, est de 30 volts, soit 6 volts par lampe ; et il faut assurer le fonctionnement dans ces conditions sans recourir à une batterie d'accumulateurs. Le voltage de la ligne oscille entre 410 et 530 volts ; les lampes étant de 85 volts, la tension normale est $5 \times 85 = 425$ volts, et l'intensité du courant 1,5 ampère. On voit donc qu'en insérant successivement trois résistances de 20 ohms, on peut réduire la tension aux bornes de $20 \times 1,5 = 30$ volts, ou $2 = 20 \times 1,50 = 60$ volts, ou $3 \times 20 \times 1,5 = 90$ volts. Les variations de tension restent alors comprises entre les limites imposées. La difficulté était de trouver un relais capable d'intercaler les résistances nécessaires. L'auteur a imaginé un appareil tournant apériodique genre Desprez-d'Arsonval branché en dérivation sur la ligne. Il est conçu de telle sorte qu'il se déplace toujours dans le sens des aiguilles d'une montre quand la tension du réseau augmente, chaque mouvement correspondant à une valeur de la tension égale à 440, 470 et 500 volts. Le système mobile est muni de trois bras qui court-circuitent successivement les enroulements de trois électros, dont les armatures elles-mêmes court-circuitent les résistances quand elles sont attirées, ou au contraire mettent ces mêmes résistances en série avec les lampes quand aucun courant ne passe dans les bobines. L'appareil construit par Hartmann et Braun a donné des résultats inespérés.

B. K.

Divers

Les ondes électriques et leur effet sur le cerveau humain, par A.-Frederick Collins. *Electrical Review* (Londres), t. L, p. 844-847, 23 mai 1902. — La souffrance éprouvée pendant les orages par les personnes affligées de certaines maladies nerveuses, a conduit l'auteur à croire que les ondes électriques émises par la foudre peuvent affecter les tissus du cerveau dans certaines conditions pathologiques. Il rend compte des expériences qu'il a faites à ce sujet. Elles ont porté sur des cerveaux d'animaux morts ou vivants et sur un cerveau humain. En faisant passer à travers le cerveau des ondes produites par un oscillateur de Hertz, on a reconnu, au moyen d'un écouteur téléphonique, que le cerveau agit comme un cohéreur. De plus, un orage ayant éclaté pendant que l'auteur mesurait la résistance d'un cerveau humain, il constaté que les ondes émises par la foudre tombant à peu de distance, produisaient aussi la cohésion des cellules cérébrales. La cohésion des cellules cérébrales humaines après la mort sous l'influence des ondes électriques est donc démontrée, et l'auteur cite le cas d'une personne saisie de convulsions à l'approche d'un orage et morte au moment où la foudre tombait à 400 mètres de distance, d'où il conclut que le même phénomène se produit pendant la vie.

P. L.

BIBLIOGRAPHIE

Il est donné une analyse bibliographique des ouvrages dont **deux** *exemplaires sont envoyés à la Rédaction.*

La théorie de l'accumulateur au plomb, par le **Dr Friedrich Dolezalek ;** traduit de l'allemand par Ch. Liagre. 1 volume, 179 pages, 30 figures, Paris, 1902. *Ch. Béranger*, éditeur. Prix, cartonné 8 francs.

Nous avons signalé antérieurement (*L'Eclairage Electrique*, t. XXVII, p. cxxviii) l'apparition de l'ouvrage allemand de Dolezalek que nous avons d'autre part analysé avec quelques détails (*L'Eclairage Electrique*, t. XXVII, p. 480). Sans vouloir revenir sur ceux-ci, nous rappellerons que ce livre intéressant, qui traite exclusivement de la théorie de l'accumulateur au plomb, se distingue des travaux semblables parus sur la question, par l'application des nouvelles théories de la chimie physique au cas spécial de l'accumulateur. Ces nouvelles théories tendent à démontrer la validité de l'ancienne théorie de la double sulfatation et c'est ce qui ressort clairement de la lecture du livre. Les trois premiers chapitres de celui-ci se rapportent à la théorie de la production du courant qui est étudiée au triple point de vue chimique, thermodynamique et osmotique (d'après la théorie de Nernst). On y trouve réfutées les différentes et nombreuses hypothèses émises à ce sujet et dont aucune ne résiste devant la double sulfatation. La confirmation de cette dernière est donnée dans les chapitres suivants qui traitent successivement de la variation de la force électromotrice avec la concentration de l'acide, avec la température, avec la pression, puis dans les différents états de l'élément. L'auteur prouve ensuite la parfaite réversibilité de l'accumulateur dans un chapitre spécial. Il étudie particulièrement les phénomènes à circuit ouvert et passe en revue les principaux facteurs caractéristiques : résistance intérieure, capacité, rendement. Enfin, après quelques considérations sur la formation, il termine par les méthodes de mesure.

En résumé, excellent livre que nous sommes heureux de voir traduit par la plume experte de Ch. Liagre.

L. Jumau.

Le phénomène de Kerr, par **E. Néculcéa.** Collections « Scientia », série physico-mathématique, n° 16. *C. Naud*, éditeur. Prix, cartonné, 2 francs.

Après une description détaillée des expériences effectuées par Kerr et ses continuateurs, l'auteur passe à l'étude des recherches théoriques. Le cadre s'élargit nécessairement dans cette seconde partie, car il est impossible de séparer dans les essais d'explication théorique les divers phénomènes électrooptiques. Les mémoires de Pockels et de Voigt y sont complètement analysés ; les théories de ces physiciens sont très générales, mais les équations sont assez compliquées, surtout dans le cas des corps cristallisés. Mais M. Néculcéa a eu le soin de résumer, en quelques lignes, les hypothèses fondamentales ainsi que les conséquences essentielles des calculs, en sorte que le lecteur peut se faire une idée suffisante des théories, sans s'astreindre à suivre pas à pas les développements de calcul. Dans une troisième partie, il expose en quelques pages comment M. Voigt a été amené à prévoir un effet électrostatique analogue à l'effet magnétique découvert par Zeeman ; cet effet électrostatique n'a pu d'ailleurs être observé jusqu'à présent.

M. L.

Contribution à l'étude des pertes d'énergie dans les diélectriques ; par **P.-L. Mercanton.** Thèse de doctorat. Lausanne, 1902.

Le travail de M. Mercanton a été l'objet d'une analyse détaillée dans ce journal (*L'Eclairage Electrique*, t. XXX, p. 445, mars 1902). Rappelons qu'il a étudié la perte d'énergie dans les diélectriques par la méthode des cycles de M. Beaulard. Il a déterminé l'hystérésis diélectrique d'un certain nombre de substances isolantes : paraffine, colophane, soufre, diélectrine, etc., et cherché la relation entre cette hystérésis et la fréquence des charges et aussi la différence de potentiel.

M. L.

Tome XXXII Samedi 12 Juillet 1902. 9e Année — N° 28

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).

M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Cinquième Congrès international de chimie appliquée. — A la séance de clôture du quatrième Congrès international qui eut lieu à Paris en 1900, il fut décidé que la prochaine réunion aurait lieu à Berlin.

Le comité d'organisation du nouveau Congrès (composé de MM. Clemens Winkler, président d'honneur, Otto N. Witt, président, H.-T. Bœttinger, trésorier) nous informe que celle-ci se tiendra, dans les locaux du Reichstag, pendant la semaine de la Pentecôte, du 31 mai au 7 juin 1903.

Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. (*Prix à décerner en 1903 et années suivantes*). — Le dernier numéro du *Bulletin* de cette Société contient le programme de ces prix.

Parmi ceux qui peuvent intéresser nos lecteurs, nous signalerons :

Grand prix du marquis d'Argenteuil (10 000 fr), à décerner en 1904 à l'auteur de « la découverte la plus utile au perfectionnement de l'industrie française, principalement pour les objets dans lesquels la France n'aurait point encore atteint la supériorité sur l'industrie étrangère, soit quant à la qualité, soit quant aux prix des objets fabriqués. »

Prix pour le matériel du Génie civil et de l'Architecture (médaille d'or de 500 fr), à décerner en 1905, à l'auteur « des perfectionnements les plus importants au matériel et aux procédés du Génie civil, des Travaux publics et de l'Architecture. »

Prix spécial pour un surchauffeur de vapeur (3 000 fr), à décerner s'il y a lieu en 1903. L'appareil présenté au concours devra produire une surchauffe régulière et réglable, s'entretenir aisément et ne pas présenter de danger.

Prix spécial pour un progrès important concernant les organes mécaniques de transmission du travail (2 000 fr). à décerner en 1903.

Les modèles, mémoires, descriptions, etc., devront être adressés au secrétariat de la Société, 44, rue de Rennes, avant le 31 décembre de l'année précédant la distribution des prix.

Société « Le Triphasé ». (*Assemblée générale du 12 juin 1902*. — Du rapport du Conseil d'administration lu à cette séance, nous extrayons les renseignements suivants :

Les recettes de l'exercice 1901 se sont élevées à 1 066 684,35 fr en diminution sur celle de l'exercice précédent (1 608 922,45 fr). Cette diminution s'explique par le fait que l'usine d'Asnières était la seule des grandes usines de la banlieue ouest en état de fonctionner au début de l'Exposition et la Société a pu ainsi effectuer en 1900 des fournitures importantes (plate-forme et chemin de fer de l'Exposition, Métropolitain) à des conditions très avantageuses.

Pendant l'année 1901 trois nouvelles lignes de distribution aériennes à haute tension ont été installées ; l'une transmet la force motrice à une usine située à 1 340 m de l'usine génératrice, au bord de la Seine ; la seconde, d'une longueur de 6 890 m alimente une station de transformation installée dans un dépôt de tramways à Epinay ; la troisième, longue de 7 600 m, dessert les bains et le casino d'Enghien.

Des contrats ont été signés avec le Métropolitain pour la fourniture à des prix normaux, pendant quatre ans, de quantités d'énergie croissant d'année en année. Des fournitures seront faites incessamment au Nord-Lumière pour son usine de Courbevoie et dans quelques mois pour celle d'Asnières et pour les débuts de celle de Clichy-la-Garenne.

Deux nouvelles unités de 1 000 kilowatts (six sont

par une installation privée dans les maisons d'habitation. Il divise celles-ci en trois catégories : maisons particulières, hôtels et clubs, pour chacune desquelles il donne des exemples et des documents. Des courbes figurent les variations des facteurs de charge pendant un mois, deux mois ou une année. L'auteur conclut de ses observations que l'installation privée présente un avantage marqué sur le système des stations centrales. Cet avantage est plus sensible dans les petits édifices que dans les grands, en partie parce que le chauffage au moyen de la vapeur évacuée y donne une économie proportionnellement plus grande, en partie parce que le prix du kilowatt-heure serait plus élevé pour un petit édifice que pour un grand, s'il s'alimentait à la station centrale. P. L.

Uniformisation et exploitation des installations de puissance, par Ph. Dawson. *Traction and Transmission*, t. III, p. 121-129, et p. 200-220, avril 1902. — Dans le premier article, l'auteur considère les installations électriques à un point de vue général ainsi que les procédés suivis jusqu'à ce jour dans l'exploitation des usines génératrices. L'article est particulièrement inté-

ressant par les chiffres qu'il fournit et qui montrent l'accroissement inattendu de la demande de puissance électrique. L'électricité a d'abord été employée uniquement pour l'éclairage et les usines ont été installées dans ce but ; le prix de la lumière reste nécessairement élevé, l'éclairage n'ayant lieu qu'à certaines heures de forte charge et le reste de la journée le capital restant improductif. Lorsqu'on s'est mis à employer l'électricité à la traction, on reconnut que les mêmes procédés d'installation et de conduite des usines n'étaient plus applicables. La charge dans les usines de tramways est très variable à chaque instant et dure vingt sinon vingt-quatre heures de la journée ; il faut donc d'autres dispositifs pour économiser la main-d'œuvre et le combustible. Un fait général dans toute installation électrique est l'accroissement énorme et rapide de la demande. Cet accroissement est indiqué dans les tables I, II, V, VI, IX et XII, pages 123, 126, 128, 129 pour les stations de Londres, de la New-York Edison C°, de Paris où la puissance totale est passée de 1 800 kilowatts en 1889 à 50 000 kilowatts, de Hamburg et Altona et de Berlin. La station Zollverein de Hamburg est une des mieux comprises d'Allemagne ; elle combine la traction et l'éclairage ; la description en a été faite dans *Engineering*, 1895 et 1896. La table III donne une idée du développement considérable des stations de New-York, il y en a 35 aujourd'hui qui alimentent un million de lampes à incandescence, 30 000 arcs et fournissent 30 000 H. P. à des moteurs fixes. En dehors de la traction, le capital d'établissement s'élève à 625 000 000 fr ; si on compte les installations particulières, on évalue à 400 000 kilowatts la puissance totale employée dans cette ville. Récemment encore les idées étaient très différentes en Amérique, en Angleterre ou sur le continent. Les Américains installaient des stations distinctes pour l'éclairage et la traction, sur le continent en Europe les stations étaient mixtes, les Anglais ne pratiquaient guère que l'éclairage. Les Américains ont d'abord employé les machines horizontales à grande vitesse. Aujourd'hui ils sont en avance pour l'emploi des installations de polyphasé et ils commencent à augmenter l'usage des batteries. En Allemagne on a adopté de bonne heure les machines à faible vitesse accouplées directement ; au début on se servait surtout de machines marines verticales ; maintenant pour les grandes unités installées à Berlin, on est revenu aux machines horizontales à quatre cylindres. Les Allemands,

ANNONCE DU CONSEIL MUNICIPAL

DE SAINT-PÉTERSBOURG

Le Conseil municipal de Saint-Pétersbourg entreprenant l'installation d'une canalisation souterraine pour un nouveau réseau téléphonique à double circuit, *invite les fabriques qui confectionnent des canaux en céramique et des conduites pour câbles en ciment (béton) à prendre part aux enchères* pour la fourniture des accessoires et l'installation complète d'une canalisation souterraine d'une extension générale de 15 à 22 kilomètres, avec des conduites d'une longueur de 150 000 à 200 000 mètres, ainsi que pour la construction de 200 trous d'homme. La fourniture des canaux en céramique, des conduites en ciment pour câbles et la construction des trous d'homme, ainsi que les travaux de leur installation peuvent être transmis aux entrepreneurs séparément.

Pour les conditions détaillées de l'installation de la canalisation souterraine pour le réseau de Saint-Pétersbourg, s'adresser à l'Administration du réseau téléphonique urbain, Grande Koniouschennaia, n° 29, à Saint-Pétersbourg, tous les jours, de 10 à 4 heures (sauf les dimanches et fêtes).

Les déclarations par écrit avec les propositions doivent être présentées au Conseil municipal le 1/14 août 1902 à 2 heures, dans des enveloppes cachetées avec l'inscription : « Pour les enchères pour l'installation de la canalisation téléphonique souterraine », et en même temps un cautionnement de 20 000 roubles doit être versé à la Trésorerie municipale.

les Suisses et les Italiens adoptent généralement l'emploi de la vapeur surchauffée ; dans les usines à courant continu ils se servent d'accumulateurs ; en fait de courant alternatif ils ont toujours du polyphasé, et des moteurs-générateurs pour la transformation du polyphasé en continu, tandis que les Américains préfèrent les convertisseurs rotatifs. Le grand problème actuel est la transformation en traction électrique des trains de banlieue et des métropolitains.

Dans le second article, M. Dawson décrit plusieurs usines déjà anciennes, pour montrer les progrès successifs réalisés jusqu'à la pratique actuelle. Au début on n'osait pas construire des dynamos de 100 kilowatts ; on employait des dynamos commandées par des arbres de renvoi, surtout en Amérique, une machine servant à conduire plusieurs générateurs ; par exemple, à l'usine de la West End Railway C° de Boston, aujourd'hui l'Elevated de Boston. Les premières dynamos étaient toutes bipolaires ; les types ont été constamment modifiés, mais tendent depuis quelques années à s'uniformiser. Vient ensuite la description de quelques usines caractéristiques, celle de Temesvar (Hongrie), construite en 1884, celle du City and South London Railway en 1890, l'usine d'éclairage de la Westminster Electric Supply Corporation en 1893, celle de la Manchester Corporation (1894), la Cardiff Electric Light Station (1894), l'usine électrique de Cologne (1894) qui montre que sur le continent on était en avance sur l'Angleterre à cette époque, puis l'usine de Norwich (1896), et celle de la Harrison Street Electric Supply de Chicago en 1896 ; ces descriptions sont accompagnées de nombreux plans. Aujourd'hui on n'hésite plus à employer des unités de 5 000 kilowatts. L'auteur examine ensuite quelques considérations qui déterminent le choix du système et la grandeur de la station et des unités à adopter. Il faut d'abord une économie sévère du capital employé, simplifier l'installation le plus possible. Dans un grand nombre d'usines on rencontre des fautes capitales, d'où les divergences étonnantes dans les relations entre les différentes parties. De nombreux tableaux fort intéressants montrent pour diverses installations les proportions employées entre la surface de chauffe des chaudières, la surface de grille, la puissance des machines à vapeur et celle des dynamos. L'auteur résume quelques conclusions au sujet des chaudières, et compare les chaudières à tubes d'eau et les chaudières à bouilleurs telles que celles du type Lan-

cashire. L'usage des économiseurs s'est beaucoup généralisé en Angleterre. Quelques mots ensuite sur le nombre d'unités à employer; les tables montrent également les nombres adoptés. La conclusion de l'article est que les plans et les dispositifs sont en voie de s'uniformiser rapidement. L'expérience concorde sur les points suivants: 1° Emploi de machines verticales à faible vitesse pour des unités au-dessus de 300 kilowatts (sauf le cas de turbines à vapeur) ; 2° le plus petit nombre d'unités possible, de la même grandeur et du même type ; 3° chaudières à tubes d'eau, vapeur surchauffée, économiseurs, chargeurs automatiques et transporteurs de combustible ; 4° excitatrices conduites séparément ; 5° appareils auxiliaires, pompes d'alimentation, etc., conduits électriquement. A. N.

Uniformisation des usines génératrices d'électricité, par Philip Dawson. *Traction and Transmission*, t. IV, p. 18-28, mai 1902. — Les stations centrales fournissant l'énergie électrique par grandes quantités pour la force motrice et particulièrement pour la traction deviennent chaque année plus nombreuses. Le succès de ces entreprises dépendant en grande partie de la façon dont l'installation de l'usine génératrice a été conçue, l'auteur se propose de rechercher les règles à suivre dans les projets de cette sorte. L'influence du facteur de charge sur le prix de revient de l'unité d'énergie est prédominante, et c'est la nécessité de s'assurer un facteur de charge aussi élevé que possible qui permet à l'auteur de déterminer les conditions d'établissement des diverses parties de l'usine génératrice. Un point intéressant traité dans l'article est la question des batteries d'accumulateurs. L'emploi d'une batterie d'accumulateurs est très avantageux dans le cas d'une charge à variations rapides, comme cela se présente dans les petites usines affectées à la traction ou à un service analogue. La batterie agit alors comme une sorte de volant. Il faut déterminer la capacité de la batterie de telle sorte que la puissance qu'elle devra fournir, augmentée des pertes en rendement, soit autant que possible égale à la puissance qu'elle recevra si l'on fait marcher les générateurs dans les meilleures conditions de rendement. La différence entre la demande de courant moyenne et la demande maxima sera proportionnellement d'autant plus faible que le nombre de voitures en circulation sera plus grand, s'il s'agit d'un réseau de traction, et c'est cette différence qui déterminera la capacité de la batterie. Le rapport de la puissance de la batterie à celle des générateurs décroîtra donc avec l'importance de l'usine. Si l'on emploie des moteurs à gaz, ce rapport sera plus élevé que dans une usine à vapeur, les moteurs à gaz supportant moins facilement la surcharge et les brusques variations de charge. On peut dire approximativement que, dans une usine de traction, le rapport de puissance entre la batterie et le matériel générateur doit être de 50 p. 100 pour les installations au-dessous de 500 kilowatts, et qu'il descend jusqu'à 20 p. 100 pour les installations de 5000 kilowatts. Pour ces dernières, l'avantage de l'emploi d'une batterie devient douteux. L'auteur donne la valeur de ce rapport dans diverses installations européennes. P. L.

Ateliers de constructions électriques et de traction de Preston. *Traction and Transmission*, t. III, n° 13, p. 245-252, avril 1902. — Ces usines se composent de deux parties, l'une pour la construction des machines électriques, l'autre pour les tramways. Elles contiennent les perfectionnements les plus récents et sont parfaitement montées à tous les points de vue. *The English electric Manufacturing* C°. — La première usine terminée en 1900 occupe une étendue de 6 hectares ; le plan en est donné page 246. Il y a actuellement deux machines compounds horizontales Musgrave de 500 H. P., chacune d'elles conduisant une dynamo de 350 kilowatts et de 500 volts. Une batterie d'accumulateurs fournit l'éclairage et la puissance pendant la nuit aux heures d'arrêt. La vapeur est fournie par des chaudières Lancashire avec économiseurs Green, élevant l'eau d'alimentation à 115°. L'eau d'alimentation est de l'eau de pluie recueillie sur les toits. L'article fait la description des différentes salles de l'usine. La fonderie est admirablement aménagée, éclairée et aérée. Les ateliers sont munis d'un arbre dont la longueur totale est de 244 m, l'arbre est partagé en 8 sections commandées chacune par un moteur de 50 H. P. accouplé directement, mais une section ou un moteur quelconques peuvent être disconnectés. De nombreuses machines-outils dont quelques-unes de grandes dimensions. Quatre photographies sur planches donnent une idée de ces ateliers. Quatre autres planches figurent les dynamos aux diverses phases de leur construction. Les essais d'isolement des moteurs de traction sont faits à 2500 volts alternatifs. Le courant continu à 500 volts est transformé en alternatif à 100 par un convertisseur rotatif et ensuite à 1500 et jusqu'à 20000 volts par des auto-transformateurs. *The Electric Railway and Tramway Carriage Works*. — Usine achevée en 1899. Autre description accompagnée d'un plan. Les deux compagnies sont entièrement indépendantes. Les ateliers de travail du bois renferment de nombreuses machines-outils, la plupart américaines. La sciure et les copeaux sont recueillis et envoyés aux chaudières dans un tuyau

par un ventilateur électrique. Un transbordeur sert à déplacer les wagons en construction d'un atelier à un autre ; il possède un moteur de 35 H. P. et prend son courant par un trôlet. Une locomotive transporte les wagons achevés et décharge le matériel aux différentes sections ; elle possède 4 moteurs de 25 H. P. et environ 800 m de lignes aériennes à travers les ateliers. La puissance est fournie à l'usine par 3 chaudières Galloway de 600 H. P. Elles sont alimentées également par l'eau de pluie, et l'eau de condensation est refroidie dans une tour de Klein. La force motrice est fournie par 2 machines horizontales Robb-Armstrong compound, tandem de 325 H. P. Une batterie sert pour l'éclairage et pour les essais. Toutes les voitures sont soumises à des essais complets sur les voies qui entourent l'usine. Deux photographies sur planche représentent un des types de ces voitures. Elles sont très longues, montées sur bogies, elles sont à un seul étage avec bancs extérieurs de 2e classe aux deux extrémités. La disposition des marchepieds est particulièrement remarquable. A. N.

Electrochimie.

Propriétés mécaniques des alliages d'aluminium. *Elektrochemische Zeitschrift*, t. IX, p. 11, avril 1902. — Le professeur L. Tetmajer, de Zurich, a publié à la fin de l'année dernière le résultat de recherches exécutées au Polytechnicum de Zurich sur l'aluminium et ses alliages. Ces essais ont montré que la résistance mécanique des laitons croît d'abord avec les teneurs croissantes d'aluminium pour baisser ensuite. Le maximum de résistance est obtenu lorsque la teneur en aluminium atteint 3,4 p. 100 pour les alliages plus mous et 1,4 p. 100 pour les alliages plus durs. L'allongement de rupture baisse avec les teneurs croissantes en aluminium ; il devient déjà inadmissible pour une teneur de plus de 2 p. 100.

Les recherches ne mentionnent pas si cette valeur croît à nouveau pour des proportions supérieures d'aluminium. Le silicium agit considérablement sur l'élévation de résistance mécanique et sur l'abaissement de l'allongement. Le fer agit dans le même sens. Le bronze aluminium devient déjà cassant avec une teneur de 1,5 p. 100 de fer et de silicium. L'aluminium est forgeable à froid ; les bronzes aluminium le sont également ; cependant cette faculté diminue avec les teneurs croissantes en aluminium et elle devient nulle pour la teneur 10 p. 100. Une teneur de 2 à 3 p. 100 en silicium rend les bronzes cassants et impossibles à travailler à froid tant que la teneur totale en aluminium et silicium dépasse 8,5 p. 100. Chauffés, les bronzes aluminium sont plastiques, mous ; ils se travaillent facilement, se forgent et se laminent. La température la plus favorable est le rouge-cerise clair. Les proportions croissantes d'aluminium et de silicium diminuent la température nécessaire au forgeage. Les essais d'usure par frottement sur un disque en fonte bien huilé montrent pour les bronzes d'aluminium plus durs, à moins de 89,6 p. 100 de cuivre, une perte de poids moindre que deux métaux de coussinets simultanément essayés. Pour les bronzes d'aluminium plus mous, c'est le contraire. Les bronzes ayant moins de 6 p. 100 d'aluminium, chauffent rapidement et graissent fortement. Laminés, les bronzes d'aluminium montrent la résistance mécanique la plus favorable pour des teneurs de 8 à 10 p. 100 en aluminium et silicium. Avec plus de 10 p. 100, ces alliages deviennent trop cassants ; au-dessous de 8 p. 100, la résistance reste faible. Depuis les essais, des progrès assez importants ont été réalisés dans la fabrication de bronzes d'aluminium. La qualité a été améliorée par l'emploi de métaux très purs dans les alliages, pendant qu'une addition plus ou moins grande rendait possible de porter la résistance à la valeur désirée sans diminuer l'allongement de rupture. Pour les plus gros blocs fondus, il se produit maintenant encore des soufflures importantes. On évitera peut-être cet inconvénient en soumettant le bloc, sitôt après sa coulée et jusqu'au refroidissement, à l'action d'une presse hydraulique.

L. J.

LISTE DES BREVETS D'INVENTION

BF : Brevet français. — BP : Patente anglaise — DRP : Patente allemande — USAP : Patente américaine.

La liste des brevets français est communiquée par l'Office E. Barrault, 17, Boulevard de la Madeleine, Paris

Traction.

Elektrizitæts, A.-G. (anciennement Schuckert et Cie). 122 776, D R P, 24 août 1900. — Prise de courant pour tramway électrique.

A. E. G. 117 036, D R P, 11 août 1899. — Dispositif à ressort pour prise de courant du train électrique à conducteur aérien.

Brown, Boveri et Co. 116 570, D R P, 29 octobre 1899. — Tige de contact pour double conducteur souterrain à usage de tramways électriques.

Elektrizitæts (A.-G.) anciennement Schuckert et Cie.

122 871, D R P, 16 octobre 1900. — Support de prise de courant pour tramway électrique avec conduite aérienne.

Wenzel (P.). 117 418, D R P, 4 mars 1900. — Suspension pour prise de courant de wagon moteur avec conducteur aérien.

Parsons (R.-C.), Belfield (R.) et Chapman (W.). 124 250, D R P, 21 juin 1900. — Suspension pour prise de courant pour chemin de fer électrique.

Compagnie générale de traction. 118 367, D R P, 10 décembre 1899. — Disposition pour le support du contact à frottement dans les trains électriques munis de châssis tournants.

Thofehrn (M.-H.). 118 595, D R P, 30 janvier 1900. — Remorqueur pour voiture.

Pacini di Tranquillo (O.). 121 628, D R P, 21 septembre 1899. — Couplage automatique des conduits électriques pour wagons de chemin de fer.

Harding (H.-M.). 692 136, USAP, 19 avril 1901. — Régulation de la vitesse des voitures des chemins de fer aériens.

Potter (W.-B.). 691 809, USAP, 19 juillet 1900. — Contrôleur.

Fitte (H.). 116 691, D R P, 18 février 1899. — Signal électrique pour contrôleur.

Sprague (F.-J.). 116 794, D R P, 25 mai 1898. — Cylindre de distribution actionné par moteur pour traction électrique.

Zweigbergk (Th. von). 117 709, D R P, 8 novembre 1898. — Commutateur à tambour pour voiture de tramway.

Genty (L.), 117 640, D R P, 26 décembre 1899. — Dispositif de régulation d'un ou plusieurs groupes d'électromoteurs à distance au moyen des deux conduites aériennes servant à la marche du train dans les deux sens.

Actien Elektricitæts Gesselschaft. 117 355, D R P, 30 décembre 1899. — Dispositif de commutation pour voitures motrices sur voies actionnées alternativement avec retour par les rails et avec retour par conducteur aérien.

Sæchsische Akkumulatoren werke. 117 683, D R P, 22 décembre 1899. — Commutateur automatique pour train à fonctionnement mixte en vue d'éviter une décharge des accumulateurs dans la conduite.

Richter (Ch.) et Eschler (R.-Th.). 120 289, D R P, 13 février 1900. — Disposition du moteur d'une locomotive entre les roues.

Hörenz (O.). 122 758, D R P, 7 octobre 1899. — Dispositifs de commande et de frein réunis pour voitures actionnées électriquement.

Hörenz (O.). 123 544, D R P, 24 février 1900. — Dispositif commun pour la commande et le freinage de trains, bateaux, etc. électriques.

Knobloch (R.). 124 246, D R P, 20 septembre 1899. — Couplage du frein à main des voitures de tramways électriques avec l'engrenage d'un dispositif de sûreté.

Planta (E. von). 124 728, D R P, 18 décembre 1900, 124 729, 25 décembre 1900. — Frein de sûreté électromécanique pour tramways électriques.

Union Elektrizitæts Gesellschaft, 124 248, D R P, 16 octobre 1900. — Electro-aimant de frein pour voitures électriques. Addition au D R P, 95 843.

The Westinghouse Brake C°. 124 247, D R P, 13 mars 1900. — Frein électromagnétique pour voitures de chemins de fer.

Voigt (P.) et Kusterer (W.). 124 104, D R P, 23 juin 1899. — Frein électromagnétique.

Compagnie internationale du frein electrohydraulique Durey. 124 036, D R P, 31 octobre 1899. — Distribution pour frein hydraulique avec pompe aspirante et foulante actionnée par l'essieu de la voiture.

Deutsche Waffen und Munitionsfabriken. 117 019. D R P, 10 janvier 1900. — Soupape de décharge mue électriquement pour frein pneumatique.

BIBLIOGRAPHIE

Telegrafia senza fili, par **Quintino Bonomo,** capitano di corvetta. Un vol. in 8°, 68 pages, 40 fig. Extrait de la *Rivista maritima*. Tipografia *L. Cecchini*, Rome, 1902.

Le petit ouvrage sur la télégraphie sans fil du capitaine Bonomo est écrit dans un style clair et contient un très grand nombre de faits intéressants dont quelques-uns sont nouveaux. L'auteur suppose le lecteur en possession des principes de la télégraphie sans fil et admet qu'il connait la description des premiers dispositifs utilisés dans cette télégraphie. Aussi ne s'étend-il que fort peu sur les phénomènes utilisés.

L'ouvrage comprend trois parties.

La première partie est une description des dispositifs de télégraphie sans fil des postes des îles Palmaria, Gorgona et de Livourne, tels qu'ils étaient constitués au début des expériences de l'auteur (1er sept. 1900 au 18 mai 1901).

La deuxième partie comprend la série des observations expérimentales faites en mettant en œuvre les appareils Marconi dont ces postes étaient munis.

La troisième partie a trait aux observations faites en utilisant un cohéreur autodécohérable spécial qui a été indiqué à l'auteur par M. Castelli. Ce cohéreur a permis d'assurer d'une manière des plus satisfaisantes les communications entre les postes, communications qui jusqu'à son emploi avaient été fort précaires. La réception a lieu à l'aide d'un téléphone; les signaux Morse se lisent au son. Le dispositif récepteur se trouve de ce chef très simplifié.

L'auteur s'est préoccupé de permettre l'inscription des télégrammes alors même qu'ils sont reçus au moyen du téléphone. A cet effet, la plaque du téléphone est munie d'un dispositif permettant l'inscription de ses déplace-ments, si bien que l'enregistrement des signaux peut être réalisée.

Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen, collection de sujets d'électricité éditée par la librairie *Friedr. Vieweg und Sohn*, de Braunschweig, sous la haute direction scientifique du Dr **Gustav Benischke**, ingénieur.

La publication actuelle correspond, comme but et moyen, à la collection si appréciée de *Scientia*, mais reste limitée à l'électrotechnique industrielle, dont les différents problèmes seront traités individuellement. Dans l'esprit des auteurs, ces opuscules s'adressent surtout aux élèves des Ecoles supérieures et aux ingénieurs déjà versés dans la pratique de l'électricité; ils résumeront les idées théoriques actuelles sur chacun des points de l'électrotechnique moderne, sans entrer dans de grands détails sur les applications pratiques. Nous donnons ci-dessous l'analyse des deux premiers numéros sortis de la plume du savant Dr Gustav Benischke.

Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegen Atmosphærische Entladungen (Parafoudres industriels), par le Dr **Gustav Benischke**. Premier numéro de la collection *Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen*, un vol. in-8° de 42 pages, avec 43 figures dans le texte, publié par *Friedrich Vieweg und Sohn*, Braunschwein (Allemagne). Prix : broché, 1,20 mark; relié, 1,60 mark.

L'auteur définit les différentes formes de la décharge atmosphérique et les conditions que doit remplir un parafoudre; puis il expose la théorie générale des appareils utilisés pour la protection des réseaux. Les derniers chapitres sont consacrés à l'étude de la nature oscillante des décharges atmosphériques et au choix de l'emplacement qui convient le mieux à un parafoudre. L'auteur a d'ailleurs exposé toutes ses idées sur ce sujet dans une conférence à la Société des ingénieurs allemands et qui a été analysée dans ce journal. *Ecl. Élect.*, p. 61, 12 juillet 1902.

Der Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen (marche en parallèle des alternateurs), par le Dr **Gustav Benischke**. Deuxième numéro de la collection *Elektrotechnik in Einzel Darstellungen*. Un volume in-8° de 55 pages, avec 43 figures dans le texte, des mêmes éditeurs. Prix, broché, 1,20 mark; relié, 1,60 mark.

L'ouvrage débute par une mise au point de la question. Ensuite sont développées, dans l'ordre naturel, les conditions que doivent remplir deux alternateurs pour pouvoir être couplés, et les causes perturbatrices : irrégularité du moteur à vapeur, influence de la forme des courbes, etc. Enfin, l'auteur donne le schéma des appareils nécessaires pour effectuer le couplage. L'ensemble constitue un livre très intéressant et très instructif. B.K.

Tome XXXII — Samedi 2 Août 1902. — 9e Année — N° 31

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Pages.

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).

M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

La métallurgie du fer et de l'acier à l'Exposition de Dusseldorf. — A la séance du 4 juillet dernier de la Société des Ingénieurs civils, M. A. Gouvy a fait sur ce sujet une intéressante conférence.

M. Gouvy fait observer tout d'abord que s'il a été en mesure de présenter dès maintenant à la Société des Ingénieurs civils une étude relativement détaillée de la métallurgie du fer et de l'acier à l'Exposition de Dusseldorf, c'est que, chose rare, cette exposition était pour ainsi dire complètement prête lors de l'inauguration qui a eu lieu le 1er mai dernier ; il pense que cette communication, faite en temps utile, permettra à un certain nombre de personnes d'en utiliser les indications, lors des visites qu'elles désireraient faire à cette manifestation vraiment imposante de l'art de l'ingénieur.

M. Gouvy a trouvé à l'Exposition de Dusseldorf un champ d'études beaucoup plus vaste qu'il n'avait pu le supposer lors de sa communication sommaire du 7 février dernier, et il remercie la Société des Ingénieurs civils d'avoir bien voulu lui faire l'honneur de le charger de cette mission. Il a réuni, au cours de cette première étude, de nombreux documents relatifs aux installations les plus nouvelles adoptées par les grandes usines métallurgiques de la région, dont quelques-unes ont déjà été visitées par lui, et il se propose de continuer cette étude de la sidérurgie rhéno-westphalienne dont le développement a été si extraordinaire pendant les trente dernières années. Ces documents présentent un intérêt surtout pratique, leur discussion nous entraînerait hors du cadre que l'auteur s'est tracé ; aussi devront-ils faire l'objet d'une communication ultérieure qui trouvera dans l'exposé, actuellement présenté à la Société, un complément utile, voire même indispensable.

M. Gouvy examine tout d'abord les fours à coke figurant à l'Exposition, soit en grandeur naturelle, soit en modèles à échelle réduite ; il cite les machines à fabriquer les briquettes, au point de vue de leur utilisation pour l'emploi de minerais menus et de résidus de pyrites.

Suivant ensuite l'ordre technique des procédés métallurgiques, M. Gouvy mentionne les hauts fourneaux représentés par des modèles ou des dessins et photographies, les accessoires des hauts fourneaux, tels que porte-vents, appareils de chargement et de prise de gaz, machine à bourrer les trous de coulée, épurateurs de gaz, appareils à air chaud ; il insiste sur l'importance du refroidissement de l'eau pour l'épuration des gaz de hauts fourneaux et sur l'utilisation de plus en plus grande de ces gaz. Un grand nombre de moteurs à gaz de haut fourneau sont représentés en fonctionnement à l'Exposition; ce sont, entre autres, un moteur à quatre temps, de 1 000 chevaux, actionnant une soufflerie à deux cylindres, deux machines soufflantes, de 600 chevaux environ; actionnées, l'une par un moteur Kœrting, l'autre par un moteur Oechelhauser; un moteur Kœrting, de 700 chevaux, actionnant un laminoir à rails; enfin un moteur L. Soest de 300 chevaux ; toutes ces machines sont desservies par des gazogènes spéciaux, de constructions variées.

L'emploi des produits secondaires de la fabrication de la fonte est caractérisé par les ciments de laitier et la pierre artificielle.

Les moulages en fonte, de plus en plus délaissés pour toute une catégorie de pièces mécaniques, font place aux moulages en acier dont la collection est des plus riches et des plus intéressantes ; pour certains

produits de faibles dimensions, de nouveaux métaux, analogues au « fer mitis » et fabriqués au creuset en qualités et duretés variables, depuis l'acier le plus dur jusqu'au fer doux, paraissent jouir d'une certaine faveur.

M. Gouvy donne des exemples de moulages en acier de grande dimension figurant à l'Exposition (étambots, cylindres de presse, cages de laminoirs et pignons, etc.) et mentionne quelques appareils spéciaux pour aciéries, notamment les ponts-roulants électriques à mouvements rapides et dociles, remplaçant peu à peu les grues fixes et les appareils à vapeur et hydrauliques, les chariots de coulée et les chargeurs de fours Martin, actionnés électriquement.

Dans la catégorie des pièces de forge, presses et pilons, l'Exposition présente de même de très beaux échantillons ; il y a, notamment, des arbres coudés et des arbres de couche, en acier au nickel, remarquables ; celui exposé par la maison Krupp mesure 45 m de longueur et pèse 52 000 kg ; il a été perforé au tour et le noyau de 120 mm de diamètre est de même exposé ; un arbre de 32 m de longueur est exposé par les aciéries de Bochum. La maison Breuer-Schumacher a installé d'autre part, dans la halle des machines, une presse à forger de 10 000 tonnes, les pièces les plus lourdes étant toutefois en bois par suite des limites imposées par les ponts roulants qui ont servi au montage.

La collection des plaques de blindage Krupp, dont l'une pèse 106 000 kg, présente un grand intérêt par la présence de plaques et coupoles en acier au nickel moulé puis trempé, sans aucun travail de laminage ni de presse, et essayées au tir ; cette fabrication, supprimant des installations et des manipulations de transformation fort coûteuses, sera peut-être la solution de l'avenir, tout comme les moulages d'acier remplacent déjà dans de nombreux cas le forgeage compliqué.

M. Gouvy passe ensuite en revue les produits laminés figurant dans les diverses expositions ; une partie de ces produits dénote une puissance d'outillage énorme ; il cite, entre autres, la tôle d'acier des usines Krupp mesurant 26,80 m × 3,65 m × 38,5 mm et pesant 29 500 kg, deux tôles de Hœrde pesant 9 800 et 8 150 kg, un rail de 76 m, pesant 3 116 kg, etc., etc.

Il y a encore des tôles grosses, moyennes et minces, et des fers laminés spéciaux de toutes qualités et de toutes dimensions pour les usages les plus divers, ainsi que des laminoirs servant à fabriquer ces produits ; parmi ces derniers, il faut faire ressortir un train universel complètement installé avec tabliers releveurs et machine motrice des ateliers Bechem et Keetman, de Duisburg, et le double-duo, système Banning, employé surtout pour feuillards et petits fers profilés par un grand nombre d'usines.

Les expositions des usines fabriquant spécialement la grosse chaudronnerie, les tôles embouties de tous genres, celles des usines à tubes soudés et sans soudure, des corps creux (obus, etc.), des roues de wagons et de locomotives forgées, laminées et coulées, sont de même remarquables.

M. Gouvy signale spécialement des essais faits par une commission officielle sur des tôles de fer puddlé et corroyé et d'aciers Thomas et Martin, et qui ont été exposées dans diverses conditions, à l'air, aux gaz et, notamment, à l'eau de mer ; les chiffres de perte de poids, de résistance, etc., variables suivant les cas, sont très instructifs.

Il étudie, enfin, plus sommairement les machines à travailler le métal à froid (scies, tours, raboteuses, meules, etc.), puis les appareils de transport pour minerais et cokes, tels que les wagons Talbot, les appareils Hunt et autres, construits par les maisons Bleichert et Pohlig.

Une série de projections, établies d'après de nombreuses photographies) vient justifier l'intérêt que présente l'Exposition de Dusseldorf pour tous les ingénieurs, surtout au point de vue de la sidérurgie et des machines de tout genre qui s'y rattachent.

Dans la discussion qui suit cette communication, M. Dutreux, à propos des pièces en acier coulé, rappelle qu'à l'Exposition de 1900 la Société de Châtillon-Commentry avait déjà exposé des échantillons de ce genre qui avaient attiré l'attention des métallurgistes français et étrangers.

Union internationale des tramways et chemins de fer d'intérêt local. — A sa dernière assemblée générale, qui s'est tenue à Londres, en juillet, cette association a décidé de prendre le titre ci-dessus énoncé en remplacement du titre « Union Internationale des Tramways », qu'elle portait jusqu'ici.

Elle a également modifié l'organisation de son secrétariat général qui deviendra un centre de renseignements permanents pour les diverses unions nationales affiliées à l'Union internationale.

Comme première application de cette nouvelle organisation, le secrétaire général M. P. t'Serstevens vient de lancer un questionnaire relatif aux vitesses en usage sur les lignes de tramways et de chemins de fer d'intérêt local à traction électrique,

vitesses qui intéressent particulièrement les exploitations anglaises, le gouvernement britannique élaborant en ce moment une nouvelle législation réglementant, entre autres points, la vitesse des voitures.

Diagramme de vitesse d'un turbo-alternateur Parsons-Brown, Boveri. — La maison Brown, Boveri et Cie nous adresse la photographie d'un diagramme de vitesse, pris le 9 juillet sur un turbo-alternateur installé à l'usine de Linz-Urfahr depuis le début de l'année.

Il ressort de ce diagramme : 1° qu'en variant de 0 à pleine charge, la charge du turbo-alternateur, la variation de vitesse n'est que d'environ 2 p. 100 ; 2° qu'en cas de variations soudaines de 100 p. 100 de la charge, la vitesse de rotation ne varie pas de plus de 1,5 p. 100 environ au-dessus ou au-dessous de sa valeur moyenne ; 3° que 3,5 secondes après une variation de charge de 100 p. 100, la machine a repris sa vitesse normale.

Errata. — Nous recevons des établissements Morane jeune, la lettre suivante :

Dans l'article paru dans le numéro du 4 juillet, sur les pompes express Riedler, nous relevons deux légères inexactitudes : on lit :

« La pompe express Riedler. . . .

. . . dont la manivelle tourne normalement à une vitesse de 150 à 250 tours. . . . »

Et plus loin, au sujet des pompes d'accumulateur :

« Dans ces pompes à petit débit, on atteint normalement une vitesse de 200 tours. . . . »

Dans les modèles que nous construisons, la vitesse normale est de 150 à 350 tours et, pour les pompes d'accumulateur, on atteint toujours 300 tours, et même cette vitesse est souvent dépassée.

D'autre part, un de nos abonnés nous écrit :

Monsieur,

Dans le numéro 27 du 5 courant de *L'Eclairage Electrique*, vous avez publié (page x du supplément) un entrefilet intitulé « Les tramways électriques de *Leghorn*. »

Je crois bien faire en vous faisant remarquer qu'il s'agit de la ville de Livourne, Leghorn, n'étant que la traduction anglaise du nom italien Livorno.

NÉCROLOGIE

Louis Solignac. — L'industrie électrique vient de faire une perte aussi inopinée qu'inattendue dans la personne de Louis Solignac, décédé subitement à l'âge de quarante-quatre ans, le 23 juin 1902.

C'est dans son cabinet de travail, au moment où il s'occupait de nouvelles applications qu'il avait créées, que Solignac est mort. On peut dire que cette mort est la conséquence d'une vie toute de travail et de surmenage contre laquelle ses meilleurs amis l'avaient mis en garde à diverses reprises, sans résultat d'ailleurs.

Solignac a été de tout temps un chercheur et un

inventeur ; sa modestie et son honnêteté l'ont empêché de profiter personnellement de ses inventions ; il est un de ceux qui sont partis sans laisser la plus modeste fortune à la compagne de sa vie, alors qu'il aurait pu maintes fois recueillir légitimement le profit de ses travaux.

Dans les débuts de sa carrière, Solignac s'est principalement occupé des applications de l'électricité.

Collaborateur de Jablockoff, il entreprit, dans le laboratoire de ce dernier, de nombreuses recherches sur les bougies électriques, les piles, etc. Mais son activité ne se trouvant pas suffisamment occupée dans ce milieu, il créa, vers 1880, un atelier de construction et d'études qu'il installa rue Saint-Maur, à Paris. C'est dans cet atelier qu'il fit de nombreuses expériences sur les lampes à arc et notamment les premiers essais de la lampe à arc à vase clos; une de ses expériences les plus originales fut la lampe à arc, dite « à verre » basée sur le ramollissement du verre par la chaleur de l'arc (1882).

Il s'occupa ensuite d'installations de machines pour la production de l'électricité pour l'éclairage. C'est à lui qu'on doit l'installation complète de l'éclairage électrique du nouveau cirque fondé par M. Joseph Oller ; il y crée la piste mobile avec piscine, et réalise de nombreuses applications de l'électricité aux décors, aux accessoires des représentations, etc., devient l'ingénieur-conseil de cet établissement, et plus tard, administrateur (1).

En 1888, Solignac entre à la Compagnie Parisienne de l'Air Comprimé, comme ingénieur chargé spécialement de l'installation du secteur.

C'est ici que son activité et ses qualités maîtresses d'organisateur se sont particulièrement fait connaître. En qualité d'ingénieur en chef de cette Compagnie, il dirige entre autres travaux, le service des horloges pneumatiques, la réorganisation de l'usine de la rue Saint-Fargeau ; il crée dans le secteur une vingtaine de stations de distribution d'électricité, et notamment les usines du boulevard Richard-Lenoir et de la Bourse du Commerce. C'est dans cette usine qu'il établit des chambres froides pour la conservation de denrées alimentaires, installation qui fut honorée de la visite du ministre de la Guerre et lui valut de chaudes félicitations en raison des services qu'elle pouvait rendre éventuellement. Enfin, sa carrière dans cette Compagnie se termine par la création de l'usine du quai de la Gare, forte de 8 000 chevaux pour la distribution dans Paris de l'air comprimé. Il sortit de la Compagnie de l'Air Comprimé en 1892 pour se livrer à des inventions et des études techniques personnelles.

C'est pendant la période comprise entre 1892 et 1894 que Solignac inventa un nouveau système de générateur à vapeur, désigné sous le nom de « chaudière mixte ». Sous un volume, un poids et un prix moindres, Solignac créa une chaudière qui s'éloignait quelque peu de tout ce qui avait été fait jusqu'à cette époque ; ce fut néanmoins un succès auquel on ne crut pas d'abord. Mais grâce au concours d'un homme intelligent, déjà brisé aux affaires et qui devint son ami, il put mettre son invention sur pied, et en 1899, se créa la Société Solignac, Grille et Cie dont il était l'un des gérants le jour de son décès.

Indépendamment et concurremment à tous ses travaux importants, Solignac dirigeait la fabrication de la lampe à incandescence dite « homogène française » de la Société de la Transmission de la Force. Il fut le premier à créer la lampe à bas wattage (entre 1,5 watt et 2,5 watts par bougie), et la lampe à réflecteur à filament horizontal qui est un véritable succès. La Société des Voitures Electriques l'occupait également, et, au moment où la mort est venue interrompre trop tôt une carrière déjà si bien remplie et si fertile en inventions multiples et utiles, il venait de bréveter, en collaboration avec son ami M. Grille, un moteur à vapeur propre à toutes applications industrielles et notamment à la traction. Ce moteur était d'ailleurs arrivé au degré nécessaire d'utilisation.

Enfin, il dirigea pendant deux ans (1897 et 1898), comme président, l'Association Amicale des Ingénieurs Electriciens dont il fut l'un des fondateurs.

Que dire maintenant de l'homme privé !

Tous ceux qui ont connu Solignac, et ils sont nombreux, avaient pour lui une sympathie bien naturelle. Son honnêteté était proverbiale, son esprit fin égalait son bon cœur. Je l'ai beaucoup approché et je ne me rappelle pas l'avoir jamais entendu se plaindre, quels que soient les moments pénibles qu'il ait eu à traverser.

L'uniformité de son caractère était encore une des qualités de cet homme bienveillant. Il savait oublier le mal qu'on lui avait fait pour ne se souvenir que des services qu'il pouvait rendre. Il est mort pauvre et le bilan de sa vie peut se résumer en trois mots : « travailleur, modeste et bon ».

J'ajoute que s'il n'a pas assez vécu pour la science et l'industrie, il a assez vécu pour sa gloire. Tous ceux qui l'ont connu ne pourront l'oublier.

E. Sartiaux.

(1) *La Nature* a décrit en mars et juillet 1886, avec dessins à l'appui, les nombreuses applications faites par Solignac au Cirque d'hiver.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

Théorie.

Sur l'énergie développée par la décharge oscillatoire d'un condensateur dans les tubes à vide, par A. Maresca. — *Il Nuovo Cimento*, t. III, p. 337 mai, 1902. Malgré les nombreux travaux exécutés dans cette voie, on ne connait pas encore avec quelque exactitude la relation qui existe entre l'énergie dépensée dans l'étincelle et les éléments qui constituent le circuit de décharge. L'auteur a étudié spécialement les décharges dans l'air raréfié, mesurant l'énergie dépensée dans les tubes à vide aux différentes pressions en comparaison avec la résistance du reste du circuit et étudiant comment la chaleur développée dans les tubes dépend du potentiel de décharge. La dispositon expérimentale est la suivante : une machine électrique charge deux batteries de condensateurs en cascade ; en série avec ces batteries est une résistance liquide impolarisable et le tube de charge en communication avec une pompe à mercure. Le tube de décharge est entouré par le liquide calorimétrique dont les déplacements dans un tube capillaire sont proportionnels à l'énergie absorbé par le gaz sous forme de chaleur. A pression constante (comprise dans les expériences entre 120 et 3 mm de mercure) il existe entre l'énergie q dépensée sous forme de chaleur et la résistance R du circuit de décharge la relation simple $q = A \times \frac{B}{R}$, dans laquelle A et B sont des constantes. En maintenant constante la capacité du circuit et faisant varier le potentiel, le rapport entre l'énergie dépensée dans le tube et le carré du potentiel reste approximativement constant. Or Kauffmann, (Kauffmann. *Wied. Ann.* t. LX, p. 653, 1897), avait trouvé que à la pression ordinaire l'energie dépensée était proportionnelle au cube du potentiel. Devant cette divergence, l'auteur a repris l'expérience à la pression ordinaire ; il en conclut que quoique la relation ne soit pas bien nette, les quantités mesurées semblent beaucoup mieux vérifier la loi du carré que celle du cube. Pour chacune des fréquences adoptées dans les expériences de Maresca l'énergie dépensée dans le tube à vide augmente d'abord quand la pression diminue, puis passe par un maximum et décroît ensuite. L'auteur n'a pu obtenir de résultats probants relativement à la dépendance entre l'énergie dépensée dans le tube et la période d'oscillation, celle-ci variant dans les expériences entre 3×10^{-6} et 3×10^{-5}

G. G.

Influence de la durée de charge sur la déformation des condensateurs, par G. Ercolini. — *Il Nuovo Cimento*, t. III, p. 353, mai 1902. — L'auteur étudie le changement

qui se produit dans la déformation d'un condensateur avec la durée de la charge; d'après les diverses théories présentées jusqu'à ce jour, l'effet lent qui suit la création du champ électrique pourrait s'expliquer par l'augmentation de la déformation du diélectrique avec le temps de charge. Pour voir jusqu'à quel point cette interprétation est fondée, Ercolini a étudié la marche de la charge et de la décharge en fonction du temps de charge; il a cherché en outre comment varie avec le temps la déformation du diélectrique placé dans un champ constant. La déformation à potentiel croissant augmente lorsque le temps de charge croît, sauf dans les premiers instants pendant lesquels elle se conserve sensiblement constante; cette période est d'autant plus longue que le potentiel est plus grand. L'augmentation de la déformation diminue avec la durée de la charge. La décharge ne ramène pas un condensateur dans les conditions initiales: la déformation résiduelle croît avec le potentiel et la durée de la charge. Après un certain temps, toujours assez court, le condensateur revient aux conditions initiales, les dépasse et reste déformé pendant un temps assez long (au moins cinq minutes). La déformation persistante quoique toujours plus grande que la déformation résiduelle augmente lorsque le temps de charge et le potentiel croissent et que la grandeur des parois diminue. L'auteur a étudié ensuite les déformations à *potentiel constant*. Les variations relatives des déformations à potentiel croissant ne sont pas inférieures à celles à potentiel constant. Les déformations à potentiel croissant sont plus grandes que celles dues à un champ constant. Les résultats obtenus ne peuvent s'expliquer en invoquant l'action consécutive du champ électrique et il y a bien des différences entre les déformations élastiques et électriques. L'auteur a cherché l'explication en tenant compte des phénomènes thermiques qui accompagnent la charge et la décharge. Les phénomènes suivant peuvent au moins qualitativement donner l'explication des résultats : échange d'énergie calorifique entre le condensateur et le milieu ambiant. Variation de la capacité thermique du condensateur. G. G.

Propriétés électriques et magnétiques de quelques alliages de fer, par Br. Böhm-Raffay. *Zeitschrift fur Elektrotechnik*, t. XX, p. 233 et 235, 4 et 11 mai 1902. — Nous signalons simplement cet article dont le sujet est emprunté aux travaux de R. A. Hadfield, ingénieur de la Hecla Steel Woorks, de Sheffield, et des professeurs W.-F. Barrelt et Brown du collège royal d'Irlande et qui a été communiqué à la Société des ingénieurs électriciens. Un compte rendu détaillé ferait double emploi avec la revue des périodiques anglais. B. K.

Génération et Transformation.

Comparaison des systèmes de tuyauterie de vapeur des quatre grandes stations électriques de New York, par C.-G. Robbins *American Electrician*, t. XIV, p. 255-261, juin 1902. — L'auteur décrit et apprécie successivement les systèmes de tuyauterie des usine génératrices appartenant aux quatre Compagnies suivantes : New-York Edison (Waterside), Manhatian Elevated Railway, Third Avenue Street Railway, Metropolitan Street Railway. L'article est accompagné de nombreux diagrammes. P. L.

La condensation et l'échappement à l'air libre, par Chas. L. Hubbard. *American Electrician*, t. XIV, p. 290-291, juin 1902. — L'auteur donne des formules et des tables permettant de calculer le poids d'eau de circulation nécessaire pour condenser l'unité de poids de vapeur dans des conditions données. Il montre par des exemples comment on peut décider s'il est avantageux ou non de recourir à la condensation. P. L.

Les distributeurs oscillants et leurs systèmes de commande dans les machines modernes, par H.-F.

Schmidt. *American Electrician*, t. XIV, p. 265-277. — Long article, accompagné de nombreux dessins, dans lequel l'auteur décrit plusieurs distributeurs genre Corliss, tous de construction américaine. P. L.

Les récents progrès du moteurs à gaz, par le professeur T. Hudson Beake. *Engineering* (Londres), t. LXXIII, p. 697-698 et 729-730, 23 et 30 mai 1902. — En 1888, la Society of Arts fit procéder à une série d'essais de moteurs à gaz et à vapeur destinés à des usines d'éclairage électrique. L'auteur passe en revue les principaux perfectionnements qui ont été apportés aux moteurs à gaz depuis cette époque. Il signale en particulier les moteurs alimentés au gaz Mond et au gaz des hauts-fourneaux et rend compte d'essais effectués sur ces machines. P. L.

La température dans les moteurs à gaz, par H.-E. Winpenis. *Engineering* (Londres), t. LXXIII, p. 833-834, 27 juin 1902. — Article théorique dans lequel l'auteur commente les travaux du professeur Burstall sur le moteur à gaz. Il en déduit quelques conclusions intéressantes et propose une explication des variations de température observées dans la masse du gaz. P. L.

Calcul du rhéostat d'excitation d'une génératrice shunt, par R. Krause. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 383, 1er mai 1902. — L'auteur complète un article de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, 23 janvier 1902, paru dans l'*Eclairage Electrique* 31 mai 1902, p. 327, relatif à l'étude d'une génératrice à excitation sous tension constante, par l'étude d'un rhéostat pour génératrice shunt employée isolément, en tenant compte de ce fait que l'excitation varie légèrement avec la tension aux bornes : les diagrammes sont analogues aux précédents.

La pratique des machines à courants polyphasés, par le Dr Louis Bell. *American Electrician*, t. XIV, p. 261-263, juin 1902. — Cet article contient des indications pratiques destinées aux ingénieurs des stations centrales. L'auteur insiste en particulier sur le tableau de distribution, le couplage en parallèle, la nécessité de maintenir la fréquence constante. P. L.

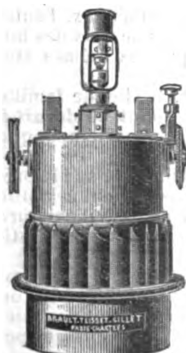
Appareil Everett, Edcumbe et Co pour le couplage en parallèle des alternateurs. *Electrical Review* (Londres), t. L, p. 1056-1057, 27 juin 1902. — Cet appareil est basé sur le principe suivant : si l'on alimente le stator et le rotor d'un moteur asynchrone à champ tournant par deux sources de courants alternatifs de fréquences très peu différentes, le rotor se mettra à tourner dans un sens et à une vitesse tels que les deux champs soient en phase l'un avec l'autre ; quand les fréquences seront les mêmes, le rotor restera immobile. Le même appareil peut servir aux réseaux monophasés et polyphasés. Il indique le moment précis où l'on doit effectuer le couplage et dispense de l'emploi du voltmètre de synchronisation. P. L.

Les procédés actuellement en usage pour réduire les pertes à vide dans les transformateurs, par Winkler et Schlatter. *Zeitschrift fur Elektrotechnik*, t. XX, p. 221 et 279, 4 mai et 1er juin 1902. — L'auteur passe en revue quelques uns des dispositifs automatiques, d'ailleurs très nombreux, utilisés pour la mise hors circuit des transformateurs quand ceux-ci n'ont plus de récepteurs à alimenter. Il fait remarquer qu'aucun d'eux ne remplit le but auquel il est destiné et résume ainsi les conditions que doit réunir un interrupteur de ce genre :

1° Il doit être rigoureusement automatique ;

2° La mise en ou hors circuit du transformateur doit se faire sous l'action combinée du primaire et du secondaire ;

3° La disjonction du primaire ne correspondra pas au moment où la charge sur le secondaire est nulle, mais bien quand le dernier récepteur est coupé de la ligne. Or on ne peut pas considérer comme appareil d'utilisa-



tion le compteur installé chez le client, compteur qui absorbe toujours une certaine quantité d'énergie et dont la présence maintiendrait le transformateur en circuit.

4° Réciproquement le transformateur se mettra automatiquement en circuit même pour la plus faible demande, par exemple, une lampe de 5 bougies;

5° L'appareil doit être très robuste, de façon à résister à toutes les intempéries et pouvoir être placé à côté du transformateur soit sur le toit des maisons, soit dans les caves. Seuls les interrupteurs du professeur Schlatter, décrits dans l'*Eclairage Electrique*, t. XIII, p. 383, t. XIV, p. 164 et plus récemment, *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XIX, p. 455 à 460 avec 8 figures, satisfont à peu près à toutes ces conditions, mais avec cette restriction que l'emploi de bascules avec godets à mercure ne semble pas bien approprié aux hautes tensions. Il est bien regrettable, conclut l'auteur, que jamais aucune Société n'ait publié une statistique des économie résultant de l'installation d'interrupteurs automatiques sur son réseau. L'éloquence des chiffres serait autrement convaincante que la description alléchante des innombrables dispositifs imaginés jusqu'à ce jour.

Le professeur Schlatter, mis en cause d'une manière très flatteuse, ne semble pas satisfait des éloges restrictifs dont ses inventions ont été l'objet et tend à démontrer qu'elles remplissent exactement toutes les conditions exigées par l'ingénieur Winkler, mais ne répond pas au vœu exprimé par ce dernier qui est d'obtenir des résultats d'exploitation. On y voit tout simplement cette vague affirmation que l'adoption de son système peut entraîner une économie de 25 p. 100 sur les frais généraux. D'ailleurs, une nouvelle solution proposées par Schlatter consiste à employer deux transformateurs, dont le plus grand ne fonctionnerait que deux à trois heures par jour; elle a été appliquée au réseau de Budapest. Cinq de ces nouveaux appareils sont munis d'enregistreurs qui notent l'heure de la conjonction ou de la disjonction de l'un ou l'autre transformateur. Le contrôle s'est exercé pendant près de sept mois, et on a relevé près de 1 000 diagrammes qui démontrent la marche régulière de ce nouveau dispositif de Schlatter, adopté également par la Internationale Elktricitäts Gesellschaft, de Vienne, et la Compagnie d'Electricité de l'Ouest Parisien. M. Winkler objecte que, malgré toutes les garanties de bon fonctionnement, il manque toujours des chiffres démontrant d'une façon péremptoire que les interrupteurs automatiques sont susceptibles de réaliser des économies. B. K.

Éclairage.

Sélecteur Louis Bruner pour installations d'éclairage. *Electrician*, t. XLIX, p. 133-134, 16 mai 1902. — L'objet de cet appareil est le suivant. Soit par exemple un réseau d'éclairage à 440 volts où les lampes à arc sont reliées par neuf en série. Pour ouvrir ou fermer ces circuits de neuf lampes, il faut, ou bien envoyer un employé, ou bien poser un fil d'interruption entre l'usine et chacun de ces circuits. Avec le système Bruner un seul fil est nécessaire et des sélecteurs sont placés en série sur ce fil à chacun des points de branchement. La terre sert de conducteur de retour. Un transmetteur sert à envoyer de l'usine différentes séries d'impulsions électriques dans cette ligne et les sélecteurs sont construits de façon à ne fermer les circuits d'arcs auxquels ils sont affectés que lorsqu'ils reçoivent la série d'impulsions particulière à laquelle ils sont adaptés. Ce système peut évidemment recevoir d'autres applications. L'article donne la description et les diagrammes de l'appareil. P. L.

Électrochimie.

Notes sur l'électro-galvanisation. par Sherard Cowper-Coles. *Electrical Review* (Londres), t. L, p. 871-872, 23 mai 1902. — Le zingage par électrolyse est très employé depuis sept ans dans la marine pour le revêtement des plaques de blindage et des tubes de chaudières. Cette opération demande des soins particuliers. Si les connexions électriques sont mauvaises, si le bain est trop acide, ou si la dynamo n'a pas une puissance suffisante, on n'obtient pas de dépôt de zinc, ou le dépôt n'est pas adhérent. L'électrolyte doit contenir 210 gr de sulfate de zinc cristallisé par litre d'eau; il faut que le bain soit légèrement acide pour donner un dépôt adhérent : la meilleure proportion d'acide sulfurique libre est de 0.6 gr environ par litre d'eau. L'auteur donne la description et le plan de deux installations Cowper-Coles pour l'électro-galvanisation avec régénération de l'électrolyte, établies pour deux Compagnies de constructions navales, l'une à Stettin, l'autre à Anvers. P. L.

Procédé A. Frasch pour le traitement électrolytique d'une solution ammoniacale de nickel. Brevet américain, n° 697 831, déposé le 7 mars 1901, accordé le 15 avril 1902. — Le procédé consiste à électrolyser une solution ammoniacale de nickel à la cathode d'une cuve à deux compartiments, en employant comme anode un métal soluble autre que le nickel, de préférence la matte brute de nickel et de cuivre, et, comme anolyte une solution de sel commun. L'appareil se compose d'une cuve sur le fond de laquelle on étend la matte broyée en petits fragments; on dispose par-dessus une couche de sable qui sert de diaphragme. Quand le courant passe, la matte se dissout pour former une solution chlorée qu'on entraîne par un système de circulation. A la cathode, on obtient du nickel. P. L.

Fabrication des tuyaux de cuivre par dépôt électrolytique à la English Electrometallurgical Company. *Engineering* (Londres), t. LXXIII, p. 633-634, 16 mai 1902 — Cette compagnie exploite les brevets Elmore pour le polissage du cuivre pendant le dépôt électrolytique. Elle a récemment construit une nouvelle usine. Le bâtiment affecté à l'électrolyse contient 216 cuves. Deux moteurs électriques, placés à chaque bout de la

salle, actionnent un arbre qui, par l'intermédiaire de chaines et de roues dentées, donne un mouvement de rotation aux mandrins qui constituent les cathodes. Pour les tubes de moins de 10 cm de diamètre intérieur, les mandrins sont en bronze ; au-dessus, on emploie des mandrins de fonte. Les anodes sont de cuivre raffiné à l'usine. Les polissoirs, en agate, sont animés d'un mouvement vertical le long des tubes ; ils leur donnent une densité uniforme et une surface parfaitement unie. L'usine peut fournir 75 tonnes de tubes par semaine. P. L.

Sur la manière d'agir des anodes en plomb dans l'acide phosphorique, par Franz Fischer. — *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. VIII, p. 398. — On sait que le sulfate plombique a été obtenu précédemment par Karl Elbs et Franz Fischer. Ce dernier vient tout récemment de réussir la préparation électrolytique de solutions de phosphate plombique en employant des anodes en plomb. Contrairement à ce qui a lieu dans la formation du sulfate plombique, on peut obtenir à l'anode en plomb, une solution jaune d'or d'un sel de plomb tétravalent, par l'emploi d'acide phosphorique étendu (par exemple, de densité 1,02). On réussit en prenant des densités de courant de 0,05 ampères par dm² pour des plaques unies ; la couleur jaune se produit fortement après vingt-quatre heures d'électrolyse. La solution claire, de couleur variant du jaune d'or au rouge vineux est décomposée par l'eau oxygénée : il se dégage de l'oxygène, et du phosphate plombeux blanc se précipite. Cette solution est également décolorée par le sulfate ferreux avec formation du sel ferrique et précipitation du sel plombeux. L'acide chlorhydrique y produit un dégagement de chlore. Une solution d'iodure de potassium sépare de l'iode et précipite de l'iodure plombeux. Par addition d'un acide ou d'une solution saline sans action de décomposition, il se dépose un sel de couleur jaune citron à jaune orange qui se dissout à nouveau dans l'acide phosphorique, après décantation. Avec la quantité d'eau nécessaire pour former une solution jaune, il n'y a pas d'hydrlyse immédiate ; mais des décantations répétées, avec de l'eau précipitent le peroxyde de plomb brun. Ce peroxyde se dissout facilement dans l'acide phosphorique, et d'autant plus rapidement que l'acide est concentré ; la solution obtenue présente la couleur initiale. L'ammoniaque et les alcalis précipitent d'abord le sel qu'ils décomposent ensuite ; un excès de ces corps ramène à nouveau tout en solution. D'après toutes ces réactions, la solution jaune primitive renferme évidement un sel du plomb tétravalent. Il n'est pas sans intérêt de signaler aussi que les plaques positives chargées de l'accumulateur sont environnées d'une couche liquide jaune verdâtre lorsque l'acide sulfurique renferme de l'acide phosphorique ; la couche jaune renferme du phosphate plombique. Par analogie, dans l'acide sulfurique pur, les plaques positives en peroxyde de l'accumulateur au plomb, doivent être entourées d'une couche très faible de sulfate plombique, c'est-à-dire d'ions de plomb tétravalent. L. J.

Sur l'industrie électrochimique des métaux, en Allemagne, par le Dr Ludwig Höpfner. *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. VIII, p. 177, 27 mars 1902. — L'auteur présente quelques observations relatives au rapport du Dr Danneel sur cette question, rapport qui a été analysé récemment dans ce journal (*L'Éclairage Électrique*, t. XXXI, p. cxxvi).

Détermination du point de fusion du manganèse. — Communication du laboratoire de W. C. Heraeus. *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. VIII, p. 185, 3 avril 1902. — L'essai a été entrepris sur un échantillon de manganèse à 99 p. 100, donné par le Dr Hans Goldschmidt. La fusion était obtenue dans un four chauffé électriquement, la température étant mesurée à l'aide du couple thermo-électrique de Le Chatelier. La méthode permettait de déterminer à 5 degrés près la température de fusion. Le four était disposé de façon à éliminer toute trace d'air ; à cet effet, on faisait circuler un courant d'hydrogène pur et sec, obtenu par électrolyse. Six déterminations différentes donnaient les valeurs suivantes pour la température de fusion du manganèse : 1240° C., 1265° C. — 1245° C., 1240° C. — 1240° C., 1250° C., soit une moyenne de 1245° C.

Sur la substitution du bisulfite de sodium au monosulfite de sodium dans les bains de laiton en solution de cyanure de potassium, par le Dr W. Pfanhauser *Elektrochemische Zeitschrift*, t. IX, p. 25, mai 1902. — Cet article renferme quelques observations de Fischer et de Pfanhauser sur l'obtention des dépôts galvaniques de laiton. L. J.

Température et rendement des fours électriques, par Gustave Gin. *Elektrochemische Zeitschrift*, t. IX, p. 26, mai 1902. — Si on appelle C_s la chaleur spécifique moyenne à l'état ordinaire. C_f la chaleur latente de fusion. C_l la chaleur spécifique moyenne à l'état liquide, C_r, la chaleur absorbée par les réactions chimiques, P le poids de la substance transformé pendant l'unité de temps, T_f, la température de fusion, T_r, celle de réaction, Σ, la surface totale de la partie rayonnante du four, on obtient l'équation

$$EI = 1,16\left[P\left(C_s T_f + C_f + C_l(T^r - T_f) + C^r\right) + K\Sigma S T_r\right]$$

De cette expression, on peut déduire T_r.

Cette formule se simplifie si on désigne par C_f la chaleur totale de fusion et si on remplace $K\Sigma S$ par la cons-

tante K qui est une caractéristique du four considéré. Il vient alors

$$EI = 1{,}16\left[P\left(C_f + C_r + C_l(T_r - T_f)\right) + KT_r\right]$$

et le rendement du four est

$$\frac{P[C_f + C_r + C_l(T_r - T_f)]}{P[C_f + C_r + C_l(T_r - T_f)] + KT_r}$$

ou encore

$$\frac{1}{1 + \frac{KT_r}{P[C_f + C_r + C_l(T_r - T_f)]}}$$

Cette formule montre que le rendement diminue avec la température de réaction et qu'il augmente au contraire avec C_f et C_r, c'est-à-dire avec l'énergie correspondant aux variations des états physique et chimique. L. J.

Mesures.

Méthodes de zéro appliquées à des mesures magnétiques, par Rudolf Goldschmidt. *Elektrotechnische Zeitschrift*, p. 314, 10 avril 1902. — Ces méthodes sont employées dans les ateliers de la Elektricitäts-A.-G., vormals Kolben et Co. de Prague Vysocan, pour l'essai des machines électriques. Elles reposent sur le principe suivant. On compare les flux magnétiques Φ_1 et Φ_2 issus de deux bobines S_1 et S_2 en leur faisant traverser respectivement deux bobines auxiliaires S_1, S_2 en série avec un millivoltmètre à courant continu et enroulées de telle sorte qu'on y induise des forces électromotrices de sens contraires quand on annule $N_1 N_2$. On fait alors varier le nombre des spires actives de S_1 et S_2 jusqu'à ce que l'aiguille du millivoltmètre reste au zéro au moment de la rupture du courant d'excitation commun à S_1 et S_2. Dans ces conditions, on a : $\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{S_1}{S_2}$, $S_1 S_2$ représentant les nombres de spires auxiliaires actives. Cette égalité est vraie tant que la durée de la variation du flux est petite par rapport à la durée d'oscillation du cadre du millivoltmètre; or, cette condition est remplie par la majeure partie des instruments de mesure. L'auteur affirme qu'on peut atteindre une exactitude de 1/10 par ce procédé, précision largement suffisante pour les mesures que l'on a en vue. Le mode opératoire est d'ailleurs très simple. S_1 et S_2 sont formés respectivement d'une dizaine de spires de fil à couche isolante très faible et dont on laisse flotter librement les extrémités. Aux bornes du voltmètre on connecte de même deux fils dont les bouts libres son taillés en pointe suffisamment aiguë pour percer facilement le guipage des enroulements auxiliaires. La manœuvre se comprend sans difficulté; en promenant les pointes sur les spires de S_1 et S_2, on arrive assez vite à trouver deux positions pour lesquelles l'aiguille reste au au zéro. Pour les mesures absolues, il suffira que l'une des bobines S_1 ou S_2 soit étalonnée.

Avec cette méthode, on pratique souvent les essais suivants dans les ateliers de construction : mesure de la dispersion, vérification du centrage d'un induit par rapport au champ inducteur; détermination des contre-ampères-tours d'un induit à courant continu pour différentes positions des balais; détermination de la courbe du magnétisme; détermination du rapport de transformation d'un transformateur. Des schémas indiquent les montages à employer dans ces différents cas. B. K.

Perfectionnements aux boites de résistances a fiches. par W. Knobloch. *Elektrotechnische Zeitschrift*, p. 132, 13 février 1902. — Les boites de résistance à fiches habituellement employées ont l'inconvénient d'introduire des résistances de contact parfois considérables et sont, de plus, d'une manipulation longue et fatigante La manœuvre des rhéostats à manette est plus facile, mais ici encore les résistances de contact jouent un rôle si important qu'on doit leur préférer, malgré tout, le premier système, à la condition d'y introduire quelques perfectionnements. Entre les deux séries de blocs parallèles A et C entre lesquels sont placés les résistances, on dispose une 3e barre pleine B qui est en relation permanente avec chacun des blocs par une fiche. Pour prendre une résistance de x ohms, on enlève, comme d'ordinaire, les fiches entre les blocs correspondants et, en outre, celles réunissant ces mêmes blocs à B ; de sorte que le courant, après avoir traversé les résistances, passe à B, puis à C, en ne rencontrant que les deux fiches de jonction entre A et B, d'une part, B et C, d'autre part. On peut même, dans certains cas, supprimer l'une des fiches en connectant les pôles de la pile à A et B, ou B et C. Remarquons qu'un dispositif semblable est depuis plusieurs années appliqué aux boites à pont de Carpentier. B. K.

Explication des phénomènes observés dans la mesure des isolements des câbes, par Georges Claude. *Industrie Électrique*, t. XI, p. 130-133, 25 mars 1902. — A propos de la discussion qui a eu lieu à la Société internationale des Electriciens sur les mesures d'isolement des câbles, l'auteur cherche à donner une explication simple du fait que le courant de charge d'un câble et en général d'un condensateur décroit avec le temps. Il rappelle que la question a été complètement étudiée par le calcul dès 1892. (*La Lum. Élect.*, 26 nov. 1892) par son son regretté camarade Hess. Reprenant les idées de Hess, il les explique fort simplement au moyen d'analogies hydrauliques qui rendent parfaitement compte du phénomène de la charge et de la décharge des condensateurs dans tous leurs détails.

Mesure de la puissance dans les circuits à courants alternatifs, par Lyman C. Reed. *American Electrician*, t. XIV, p. 144-147, mars 1902. — L'auteur expose le principe des compteurs wattmètres, parmi lesquels il distingue les compteurs non inductifs et les compteurs inductifs. Un exemple bien connu du premier type est le compteur Thomson. Les compteurs inductifs sont les compteurs à champ tournant. L'auteur étudie la mesure de la puissance au moyen de ces appareils sur les réseaux monophasés, di ou triphasés, dans le cas des charges non inductives ou inductives. P. L.

Compteur d'électricité Mordey-Fricker. *Electrician*, t. XLIX, p. 131-133, 16 mai 1902, — Ce compteur, qui fut présenté dernièrement à la Royal Society, s'applique aux courants continus ou alternatifs. C'est la combinaison d'une horloge et d'une bobine de galvanomètre entourant une aiguille de fer doux. L'horloge n'a pas de ressort d'échappement : l'axe de la roue d'échappement porte un disque d'ardoise sur lequel sont fixés quelques

morceaux de fil de fer. Ce disque est placé à l'intérieur d'une bobine fixe dans laquelle passe le courant à mesurer; il agit comme un ressort d'échappement variable. Le fer en effet est magnétisé plus ou moins fortement par le courant et tend à se placer suivant l'axe de la bobine; cette action magnétique, combinée avec l'action ordinaire du grand ressort, imprime au disque des oscillations proportionnelles au courant. L'horloge s'arrête donc quand il ne passe aucun courant. L'instrument est un ampère-heure-mètre, mais le compteur est disposé pour indiquer la consommation directement en kilowatt-heure. Ces compteurs ne donnent lieu, dit-on, à aucune erreur de fréquence, la constante étant la même pour toutes les fréquences usuelles. P. L.

Sur la répartition de la mesure de l'énergie d'un système triphasé entre deux wattmètres, par Carlo Mann. *Elettricista*, t. XI, p. 88, avril 1902. — Supposons un récepteur monté en triangle; désignons par $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ les admittances imaginaires des côtés du triangle $\gamma_1 = g_1 + jb_1$, etc.; par I_I, I_{II}, I_{III} les intensités imaginaires dans les trois fils de ligne; par I_1, I_2, I_3 les intensités imaginaires dans les trois côtés du triangle récepteur; par V_1, V_2, V_3 les différences de potentiel imaginaires entre les sommets du triangle. On a : $I_1 = \gamma_1 V_1$, etc; $I_I = I_2 - I_3$, etc; $I_I = \gamma_2 V_2 - \gamma_3 V_3$, etc; la puissance motrice du système est : $p = | I_1 V_1 | + | I_2 V_2 | + | I_3 V_3 |$, la quantité $| IV |$ représentant le produit géométrique des vecteurs qui représentent les nombres complexes I et V, soit $| IV | = iv \cos (IV)$, i et v étant les valeurs réelles, on arrive à l'expression $p = | I_{III} V_1 | - | I_I V_3 |$. On constate que la puissance motrice est égale à la somme algébrique des indications des deux wattmètres. Au point de vue de la répartition de l'énergie, si l_{III_1} et l_{I_3} sont les deux lectures, on a : $l_{III_1} = \left(g_1 + g_2 \frac{g_3}{2} + \frac{b_2 \sqrt{3}}{2}\right) v^2 \quad l_{I_3} = \left(g_1 + g_2 \frac{g_2}{2} - \frac{b_2 \sqrt{3}}{2}\right) v^2$, v représentant la différence de potentiel entre phases. Supposons le récepteur monté en étoile, on obtient la même expression de la puissance motrice p, et si $\gamma_I, \gamma_{II}, \gamma_{III}$ sont les admittances des trois branches de l'étoile, on conclut, par comparaison avec ce qui précède, que la mesure d'un système triphasé à étoile dans les branches duquel sont insérées les admittances γ_I, $\gamma_{II}, \gamma_{III}$ se répartit entre les deux wattmètres de la même manière que celles d'un système en triangle ayant pour admittances $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ reliées aux précédentes par la relation $\gamma_1 = \frac{\gamma_I \gamma_{II}}{\gamma_I + \gamma_{II} + \gamma_{III}}$ etc. Dans la pratique, il se présente souvent le cas que des deux compteurs (qui sont alors des watts-heures-mètres) employés, l'un marque en avance et l'autre en retard. Comme application de ce qui précède, on vérifie que cela a lieu si la différence de potentiel entre deux bornes d'un moteur en triangle précède l'intensité de courant d'un angle $\varphi > 60°$; de même dans le cas d'un moteur en étoile en comptant la différence de potentiel entre une borne et le centre de l'étoile. G. G.

Remarques sur l'emploi des appareils électriques de précision étalonnés, par W. Marck. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 447. — Les efforts constants des constructeurs, secondés d'ailleurs par les théoriciens les plus distingués, ont amené les appareils étalonnés à un très haut degré de perfection. Leur emploi n'est pas seulement limité aux besoins de l'industrie; ils ont même conquis la faveur des laboratoires techniques grâce à la haute précision qui les caractérise. Cependant, il a transpiré peu de chose, dans le public, des multiples essais auxquels sont soumis ces instruments; et l'auteur se propose de publier les procédés en usage au laboratoire d'étalonnage de Vienne. Les observations concernent principalement les appareils de Weston, de Siemens et Halske, et de Gaiffe : voltmètres, millivoltmètres et wattmètres. Nous nous contentons de signaler l'article

aux spécialistes et rappelons à nos lecteurs que M. Ch.-Ed. Guillaume a bien voulu exposer les pratiques suivies au Bureau international des poids et mesures dans un ouvrage édité tout récemment (*Ecl. Elect.*, t. XXXI, p. LXXVI.)

B. K.

Frein dynamométrique à actions magnétiques et électromagnétiques, par A. Grau. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 467, 29 mai 1902. — Plusieurs de ces freins ont été déjà décrits dans *L'Eclairage Electrique*, t. XXIX, p. 189 et 265, 9 et 23 novembre 1901. Le modèle actuel, construit dans les ateliers du Musée des Arts et Métiers, de Vienne, a une puissance de 5 chevaux et comprend 5 électro-aimants répartis symétriquement sur les jantes de deux étoiles à six bras. Au centre des étoiles sont rapportés deux anneaux sur la périphérie desquels on adapte les couteaux. Tout le système repose sur des surfaces en agathe portées par les têtes de deux boulons mobiles dans les colonnes-supports et qui servent au réglage de l'appareil. On dispose de 4 poids : deux pour la mise au zéro, deux pour le réglage de la sensibilité. Le disque de cuivre est fixé à une des extrémités d'un moyeu muni de trois rainures de guidage dans lesquelles on fait glisser des clavettes ; celles-ci ont une surface plane et une partie bombée ; la partie plane est pressée sur l'arbre du moteur ; la partie bombée regarde la paroi interne du moyeu. Une série d'anneaux tournés coniques peuvent être engagés entre le moyeu et la partie convexe des clavettes. Avec un écrou on chasse les anneaux qui appuient alors les clavettes sur l'axe du moteur. Cette manœuvre se fait du côté opposé au plateau, et, de plus, l'écrou est perforé pour livrer passage à l'axe du moteur. Ce manchon d'accouplement permet de substituer rapidement un appareil à un autre et assure un bon centrage. Il s'applique à des arbres dont le diamètre est compris entre 15 et 35 mm. Le diamètre du disque est de 34 cm ; son épaisseur, de 8 mm. Le curseur a un poids de 5 kg. La puissance freinée est, comme dans les dynamomètres déjà décrits, donnée en chevaux par la formule $\frac{2\pi M n x}{60 \times 75}$ où on représente par : M, la masse du curseur ; x, son déplacement ; n, le nombre de t : m.

Un dispositif est prévu pour le refroidissement du disque dans des expériences de longue durée et pour les fortes charges : 3 à 5 chevaux.

B. K.

Sur la mesure des puissances électriques, par Gœrner, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 338, 17 avril 1902. — La puissance électrique, dans un circuit parcouru par un courant alternatif simple, peut être mise sous la forme KEI, où K désigne un certain facteur ≤ 1, appelé facteur de puissance, E et I les différences de potentiel et courant efficaces. Dans le cas de tensions et de courants suivant la loi sinusoïdale, K est le cos. de l'angle φ de déphasage du courant sur la tension ; mais si les tension et courant suivent une loi différente de celle-là, le facteur de puissance n'est plus représenté par le cos de l'angle de déphasage ; ainsi l'auteur calcule que dans le cas de courbes de tension et de courant représentées par des triangles équilatéraux, l'expression de la puissance est

$$EI\left(1 - \frac{6\varphi^2}{\pi^2} + \frac{4\varphi^3}{\pi^3}\right);$$

d'où il faut conclure que le quotient de la puissance mesurée au moyen d'un wattmètre exact par le produit EI, ne donne le cos. de l'angle de déphasage que dans le cas de courbes parfaitement sinusoïdales. A plus forte raison, ne peut-on déterminer ainsi le déphasage, quand le courant et la tension suivent des lois différentes, ce qui est le cas général, dès que la tension n'est pas sinusoïdale et que le circuit présente des selfs ou des capacités. — De ce fait, il résulte que nombre de procédés de mesure des puissances à courants alternatifs sont absolument faux avec les courants industriels, tels que la méthode bien connue des trois voltmètres, et aussi le wattmètre à fil chaud de Field (brevet allemand, 101620) qui utilise l'action sur une aiguille des deux quantités $(\overline{E} + \overline{I})^2$ et $(\overline{E} - \overline{I})^2$, proportionnelle à LEI cos φ, dans le cas de courbes de variation sinusoïdales. — Alors que les voltmètres et ampèremètres à fil chaud donnent pour les valeurs efficaces des indications absolument exactes, indépendamment de la forme des courbes de variation, il n'en est plus de même du wattmètre à fil chaud. — Le seul procédé exact de mesure des puissances en courants alternatifs, est le wattmètre dérivé de l'électrodynamomètre, qui donne la valeur moyenne des puissances instantanées, quelle que soit la forme des courbes, et par suite la valeur exacte de la puissance définie par

$$\frac{1}{T}\int_0^T eidt.$$

Il y a seulement deux conditions à remplir dans la construction de l'instrument : 1° que la bobine à fil fin présente une self-induction négligeable, de façon que le courant dans le fil fin ait la même forme et la même phase que la tension appliquée aux bornes de cette bobine. — Dans le cas où la self du fil fin est appréciable, il en résulte une erreur pour le wattmètre, erreur qu'il est facile de calculer et de corriger dans le cas des courants sinoïdaux où elle occasionne un déphasage du courant et du champ de la bobine à fil fin en retard sur la tension : si φ désigne le déphasage dans le circuit en étude, et α le déphasage propre du fil fin, le facteur de correction est

$$M = \frac{\cos\varphi}{\cos\alpha\cos(\varphi - \alpha)};$$

si les courants ne sont pas sinusoïdaux, en plus du déphasage la self introduit une déformation du courant dans le fil fin qui devient différent de la tension, et la correction exacte est impossible ; — 2° que dans le cas de gros courants, la bobine à gros fil soit suffisamment divisée pour que des courants de Foucault ne puissent prendre nais-

sance dans l'enroulement : si cette condition n'est pas remplie, ces courants de Foucault réagissent sur le champ de la bobine, qui tout en restant sensiblement proportionnel au courant, se décale d'un certain angle β en avance ou en retard sur le courant, en avance la plupart du temps (signe +). — Dans le cas de courants sinoïdaux seulement, on peut en tenir compte par un facteur de correction, englobant les effets des deux perturbations sous la forme générale.

$$M = \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha \cos \beta \cos (\varphi - \alpha \pm \beta)}.$$

Il est donc nécessaire pour obtenir un bon wattmètre, applicable à la mesure des courants industriels de réaliser : 1° une bobine à fil fin demandant un courant très faible, ce qui permet d'ajouter en série avec cette bobine pour les tensions usuelles, une résistance non inductive considérable, et de rendre ainsi la self-induction de l'ensemble négligeable ; 2° l'absence complète de toutes masses métalliques pouvant donner naissance à des courants de Foucault, soit dans l'enroulement lui-même, soit dans les parties voisines. — En terminant, l'auteur décrit les nouveaux wattmètres à lecture directe Hartmann et Braun, présentant les particularités intéressantes suivantes :

Ils sont construits en deux types l'un transportable, l'autre pour tableaux : les wattmètres transportables présentent une self-induction de la bobine à fil fin de 0,0075 Henry, et nécessitent un courant dans le fil fin de 0,03 ampères les wattmètres pour tableaux, exigent 0,05 ampère. L'erreur due à la self-induction dans le premier type, pour une tension de 30 volts, est 0,2 p. 100 pour $\varphi = 40°$, et 1,3 p. 100 pour $\varphi = 80°$, résultats excellents. — Les bobines à gros fil sont constituées par des rubans isolés en parallèle, et sont constantes pour des intensités allant jusqu'à 400 ampères. Dans certains modèles on peut grouper ces rubans soit en série, soit en parallèle et obtenir ainsi diverses sensibilités. A. M.

Divers.

Appareil pour l'analyse électrolytique, par Franz Hanaman. *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. VIII, p. 398, 19 juin 1902. — Cet appareil réunit dans une même boîte tous les accessoires nécessaires à l'analyse électrolytique : commutateurs, résistances, etc. Il permet le réglage facile soit de l'intensité, soit de la différence de potentiel. Nous n'insisterons pas ici sur les détails qui n'offrent rien de particulier. L. J.

Electrisation spontanée du corps humain, par A. Heydweiller. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 227-230, mai 1902.

Les contractions ou extensions des muscles provoquent l'apparition d'une charge électrique. Le sujet en expérience est placé sur un tabouret isolant devant une plaque métallique qui est reliée à un électromètre à quadrants : il tient la main à quelque distance de cette plaque. S'il monte sur le tabouret, l'électromètre accuse une charge négative de la main. S'il fléchit les genoux, sur le tabouret, l'électromètre accuse une charge positive. Une extension du genou produit une charge de signe contraire et si les deux mouvements se succèdent rapidement, les deux charges se neutralisent. — L'expérience réussit également quand le corps n'est pas isolé ; mais les charges disparaissent plus vite. — Les charges de signes contraires équivalentes à celle qui apparaît sur la main se répartissent sur les autres parties du corps, comme on peut s'en assurer en approchant la plaque de ces autres régions, en particulier de la hanche (quand le sujet est isolé). Ces charges peuvent persister assez longtemps, ce qui semble indiquer que le corps humain n'est pas un aussi bon conducteur de l'électricité qu'on l'admet d'ordinaire. Il est vraisemblable que ces charges sont portées par des couches de l'épiderme qui sont sèches : on sait en effet que pour amener un courant dans le corps, il est indispensable que les points de contact avec la peau soient bien humides. Cette production de charges électriques correspond à une dépense d'énergie extrêmement faible vis-à-vis du travail mécanique fourni par le muscle. M. L.

BIBLIOGRAPHIE

Il est donné une analyse bibliographique des ouvrages dont **deux** *exemplaires sont envoyés à la Rédaction.*

Elektromechanische Konstruktionen (Constructions électromécaniques), par **Gisbert Kapp**, 2e édition. *J. Springer*, éditeur, Berlin ; prix 25 francs.

Le professeur Gisbert Kapp vient de faire éditer à la librairie Julius Springer une seconde édition de son intéressant traité sur la construction des machines dynamo-électriques.

La première édition, bien connue en France par la traduction qu'en ont faite MM. Dubsky et Girault, a été quelque peu remaniée et rajeunie. Six des machines publiées dans l'édition précédente ont été remplacées par des machines plus modernes ; de plus le nombre de planches, qui était de 25, a été porté à 36 par l'adjonction de quelques machines nouvelles.

Le nouvel album comprend finalement 29 machines, dynamos moteurs et transformateurs, dont 12 nouvelles.

Parmi les machines nouvelles il faut citer : comme dynamos à courant alternatif, un alternateur de 400 kilovolts-ampères établi par l'auteur, un alternateur Brown, Boveri de de 550 kilovolts-ampères, et enfin un alternateur Ganz de 1200 kilovolts-ampères, modification légère d'un des alternateurs Ganz ayant figuré à l'Eposition Universelle de 1900.

Les machines à courant continu sont augmentées d'un type de 48 kilowatts de l'auteur, d'une dynamo Kolben de 3 kilowatts, d'une dynamo Siemens et Halske à pôles intérieurs et enfin d'une dynamo Ganz à 64 kilowatts d'un type récent. Deux nouveaux moteurs pour tramways sont également à signaler, l'un calculé par l'auteur et l'autre établi par la Compagnie anglaise Thomson Houston.

Les autres appareils nouveaux sont un moteur triphasé de 30 chevaux de l'A.E. G. et un transformateur de 30 kilowatts à courants triphasés.

Les notations et formules qui servent d'introduction au livre ont été peu modifiées, bien que l'auteur y ait cependant ajouté quelques formules nouvelles, principalement sur le calcul des fuites magnétiques dans les inducteurs, et un diagramme de fonctionnement des moteurs asynchrones.

En résumé, l'ouvrage de M. Gisbert Kapp constitue un travail de haute valeur indispensable à tous ceux qui s'occupent de construction de dynamos et qui désirent par suite s'intéresser au matériel allemand, suisse ou autrichien. C. F. Guilbert.

Die Gleichstrommaschine (La machine à courant continu), par **E. Arnold**, 1re partie. *Julius Springer*, éditeur, Berlin ; prix 20 francs.

Peu d'ingénieurs, voir même de professeurs auront contribué autant que M. Arnold au développement et à l'étude des appareils générateurs ou récepteurs électriques. Il ne se passe par en effet d'année où nous n'ayons à enregistrer avec toujours beaucoup de plaisir quelques traités importants du savant professeur de l'Université de Karlsruhe, éditions nouvelles et œuvres originales.

Pour aujourd'hui, c'est d'une œuvre nouvelle qu'il s'agit. Le traité de M. E. Arnold, sur la dynamo à courant continu, comprendra, comme l'indique le titre, plusieurs parties. La première partie, celle qui nous occupe actuellement, est relative à la théorie de la machine à courant continu; d'autres parties se référant à la construction, au calcul, aux essais et au fonctionnement sont à prévoir.

Une momenclature des chapitres n'apprendrait rien aux lecteurs sur la valeur de l'ouvrage. Contentons nous de dire que dans cette partie théorique les enroulements, les phénomènes de la commutation, la construction des caractéristiques et surtout les fuites magnétiques, et les échauffements ont été étudiés avec beaucoup de détails et avec la compétence bien connue de l'auteur.

En somme, le traité de M. T. Arnold est un des meilleur ouvrages qu'il nous ait été donné de voir sur les dynamos à courant continu et nous espérons que les éditeurs français n'hésiteront pas à en donner prochainement une traduction qui pourra rendre beaucoup de services dans l'étude des machines dynamo-électriques.

L'édition allemande est, comme d'usage, faite avec un luxe de figures auquel les éditeurs devraient bien nous habituer et s'habituer eux-mêmes. C. F. Guilbert.

Tome XXXII — Samedi 9 Août 1902. — 9e Année — N° 32

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Pages.

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).
M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Congrès de la « Houille Blanche ». — Nous annoncions récemment la fondation d'un nouveau journal technique, *La Houille Blanche*, publié à Grenoble. Nous recevons aujourd'hui le programme d'un Congrès du même nom qui aura lieu, également dans cette ville, du 6 au 12 septembre.

Voici le résumé de ce programme :

Dimanche 7 septembre. — Le matin à 8 heures et demi, conférences dans l'une des salles de l'Hôtel de la Chambre de Commerce.

L'après-midi : visite aux usines de Lancey (papeteries Bergès, éclairage des communes de la vallée du Grésivandan, usine de la Compagnie du tramway de Grenoble à Chapareillan) ; prix approximatif de l'excursion 1f,50 fr.

A 7 heures : banquet.

Lundi 8. — Le matin : conférences. L'après-midi, un groupe d'excursionnistes visitera les usines de la Société hydroélectrique de Fure et Morge, à Champ (prix de l'excursion 2 fr) ; un autre se rendra aux usines de la Société des forces motrices du Haut Grésivaudan (prix de l'excursion 7 fr).

Mardi 9. — Le matin : visite du château de Vizille, des usines de Clavaux et de celles de Rioupéroux, l'après-midi, un groupe visitera les usines de la Société électrochimique de la Romanche (prix, déjeuner compris, 10 fr), un autre ira au col du Lautaret (prix : déjeuner, dîner et coucher compris, 25 fr).

Mercredi 10. — Le premier groupe de la journée du mardi, se scindera en deux groupes dont l'un visitera l'usine de la Société Grenobloise de force et de lumière (prix, déjeuner compris 12 fr), l'autre, les usines de la Société d'énergie électrique de Grenoble et Voiron, à Engins (prix 3 fr). Les excursionnistes ayant couché au Lautaret visiteront les usines de la Société d'électrochimie, à Saint-Michel de Maurienne et l'usine de Calypso, de la Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue ; ils coucheront à Albertville (prix de la journée, 25 à 30 fr).

Jeudi 11. — Les congressistes ayant couché à Grenoble rejoindront ceux de l'autre groupe à Albertville et tous visiteront les usines de la Société « La Volta » Lyonnaise, à Moutiers, et se rendront ensuite à Annecy (prix de la journée (25 ou 20 fr).

Vendredi 12. — Visite des usines de la Société des Forces motrices et usines de l'Arve, à Chedde, et des usines de la Compagnie du P.-L.-M. pour l'alimentation de la ligne du Fayet à Chamonix (prix de l'excursion, déjeuner compris 8 à 10 fr).

Samedi 13. — Conférences et dislocation du Congrès à Chamonix.

Une excursion de quatre jours (Saint-Maurice,

Lausanne, Genève) pourra être faite à l'issue du Congrès.

Ajoutons, pour compléter ces renseignements, que la cotisation est de 20 fr et qu'une réduction de 50 p. 100 sur les billets de chemins de fer est accordée à tout congressite. Pour tous autres renseignements s'adresser : 2, place du Lycée, Grenoble.

Société helvétique des sciences naturelles. — Cette société tiendra sa 85ᵉ session à Genève du 7 au 10 septembre.

Le programme général a été arrêté comme suit :

Dimanche 7 septembre. — 5 heures soir, séance de la Commission préparatoire à l'Université ; 8 heures, réception offerte par la section de Genève au kiosque des Bastions.

Lundi 8. — 8 heures matin, première assemblée générale à l'Aula de l'Université ; 1 heure, banquet au Foyer du théâtre ; le soir, réception par la ville de Genève.

Mardi 9. — Matin et après-midi, séances des sections à l'Université ; le soir, réception officielle à la campagne par le président du Comité.

Mercredi 10. — 8 heures matin, seconde assemblée générale ; à 1 heure, banquet de clôture au parc des Eaux-Vives.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

Théorie.

La polarisation électrochimique, par C.-J. Reed. *Journal of the Franklin Institute*, t. CLIII, p. 259-268, avril 1902. — L'auteur énumère un certain nombre de définitions proposées par divers auteurs pour le phénomène de la polarisation électrochimique. Il adopte celle-ci : un changement progressif dans la composition et la force électromotrice, d'un système électrochimique, nécessité par l'épuisement progressif d'un ou plusieurs des agents électrochimiques. Il justifie cette définition par un exemple. P. L.

Théorie de la dissociation électrolytique, par Kahlenberg. *Electrical World Engeneer*, 4 janvier 1902. — L'auteur a déterminé, avec Koch et Hall, les points d'ébullition de solutions de différentes concentrations, pour rechercher la variation du poids moléculaire avec la concentration et afin de mesurer la conductibilité électrique au voisinage du point d'ébullition. De ces doubles mesures, il déduit, par le calcul, le degré de dissociation. Les résultats concordent passablement pour les solutions diluées, mais moins bien pour les solutions concentrées. Le poids moléculaire de beaucoup de dissolutions ne varie pas en raison directe de la concentration, quoique la conductibilité augmente avec la dilution ; les expériences de l'auteur semblent prouver qu'il n'y a pas de relation entre les points d'ébullition et de congélation d'une part, et la conductibilité d'autre part, comme le veut la théorie d'Arrhénius. La loi de Thomson-Nernst sur la relation entre le pouvoir dissociant d'un dissolvant et la constante diélectrique n'est pas généralement exacte. P.-L. C.

Génération et Transformation.

Notes sur la synchronisation, par Joseph-Martin Romans. *Electrical World*, t. XXXIX, p. 1044-1046, 14 juin 1902. — L'auteur décrit dans cet article les diverses méthodes employées pour la synchronisation des alternateurs. Des diagrammes indiquent les connexions, en particulier celles à établir avec l'indicateur de phases Lincoln, le plus récent des appareils de ce genre. P. L.

Les génératrices à double courant et leurs applications, par E.-T. Ruthven-Murray. *Electrician*, t. XLIX, p. 421-423, 4 juillet 1902. — L'auteur appelle génératrices à double courant des machines exactement semblables aux commutatrices, mais qui, au lieu de fonctionner en moteur synchrone, sont mises en mouvement

par un moteur mécanique et fournissent ainsi à la fois des courants alternatifs simples ou polyphasés et du courant continu. Il donne quelques indications sur le principe, la construction et la pratique industrielle de ces machines. P. L.

Un transformateur à 80 000 volts. *Electrical World*, t. XXXIX, p. 1067-1068, 14 juin 1902. — La General Electric Company a construit pour la Compagnie d'éclairage et de force de Butte (Montana, Etats-Unis) des transformateurs d'une puissance de 330 kilowatts, élevant la tension à 80 000 volts. L'article donne les détails de construction et les résultats d'essais de ces appareils. P. L.

Procédé Henry et Lennd pour la fabrication des agglomérés pour piles électriques. Brevet français nº 310 124. Communiqué par l'*Office Boettcher*, 2, boul. Bonne-Nouvelle. — Ces agglomérés procurent une dépolarisation facile et une longue durée d'emploi ; leur procédé de fabrication est le suivant : 1º on fait dissoudre à saturation dans de l'eau pure de l'acide citrique cristallisé ; lorsque la dissolution est complète, on ajoute 5 p. 100 de potasse caustique et 2 p. 100 de cyanure de potassium ; la dissolution étant faite à froid, on laisse reposer ; 2º on mélange d'autre part 1,025 kg de peroxyde de manganèse fin, avec 0,445 kg de graphite broyé ; ce mélange doit être très intime ; 3º on ajoute la solution nº 1 à la composition nº 2 de manière à former une pâte consistante ; cette pâte est ensuite moulée autour d'un charbon conducteur.

Système de bourrage végétal Delaitre et Olivier pour accumulateurs et piles électriques. Brevet français nº 317 217, du 24 décembre 1901. Communiqué par l'*Office Boettcher*, 2, boul. Bonne-Nouvelle. — La matière employée est l'écorce de cacao à laquelle on fait subir la préparation suivante : L'écorce brute est immergée dans de l'eau que l'on porte à l'ébullition pendant trois heures dans le but de dissoudre le tannin et la matière colorante. Après l'ébullition on soumet l'écorce à plusieurs lavages à l'eau froide afin de faire disparaître les dernières traces des corps à éliminer. On donne ensuite de la souplesse à la matière en la soumettant pendant une heure à l'action d'une lessive bouillante de soude ; les traces d'alcali sont ensuite enlevées par des rinçages successifs et l'écorce est séchée. Elle est ainsi prête à être utilisée, c'est-à-dire mélangée à de l'eau acidulée pour son emploi dans les accumulateurs. On forme ainsi une pâte active que l'on introduit entre les plaques de plomb dont les espacements peuvent être de 5 mm. L'emploi de cette pâte permet d'utiliser des plaques composées d'un cadre très léger en plomb et de pastilles de matière active ; les déformations ne sont pas à craindre car les plaques sont maintenues de tous côtés par le bourrage ; de même, le foisonnement des pastilles est rendu impossible, cette dernière particularité supprime d'ailleurs toutes formations de courts-circuits. Les plaques pouvant être moins massives présentent plus de légèreté, d'autre part, le poids de l'eau acidulée est réduit au cinquième environ. Enfin le bourrage d'écorce dispense de l'emploi des isolants et conserve à l'accumulateur toute sa capacité.

Projet d'une batterie d'accumulateurs de grande capacité, par J.-C. Brocksmith. *American Electrician*, t. XIV, p. 286-289, juin 1902. — L'auteur donne la description et les dessins d'un accumulateur du type plomb-peroxyde de plomb, à matières actives rapportées. Cet élément est destiné au tandem à moteur électrique décrit par l'auteur dans les numéros de mars et d'avril. P. L.

La nouvelle usine électrique municipale de Manchester. *Electrician*, t. XLIX, p. 252-259, 6 juin 1902. — Le projet d'installation comprend six alternateurs à vapeur de 2 500 chevaux, fournissant des courants triphasés à la tension de 6 500 volts et à la fréquence de 50 périodes, qui sont transmis à des sous-stations. La distribution se fait à 500-550 volts pour les tramways, à 410 et 205 volts pour la force motrice et l'éclairage. Les câbles à haute tension seront posés dans un souterrain. Ce projet, dû au Dr Kennedy, est en cours d'exécution. Un second projet, dont l'auteur est M. Metzger, comprend deux alternateurs triphasés de 3 750 kilowatts, conduits par des machines Corliss d'une puissance de 6 000 chevaux indiqués. La réalisation de ce projet est également commencée. P. L.

Usine électrique et tramways municipaux de Salford. *Electrical Review* (Londres), t. L, p. 1063-1067, 27 juin 1902. — Cette installation, d'une puissance de 6 400 kilowatts, a été inaugurée il y a quelques mois. La distribution se fait par courant continu, à 2 × 220 volts pour l'éclairage, à 440 volts pour les moteurs et à 500-550 volts pour la traction. Les dynamos sont munies d'un enroulement compound ; leur tension normale est de 480 volts avec l'excitation en dérivation seulement, et de 525 volts avec l'excitation compound. Il y a en outre deux batteries d'accumulateurs Tudor, affectées l'une à l'éclairage, l'autre à la traction. L'article donne quelques détails sur les canalisations ; les feeders sont souterrains pour la traction comme pour la lumière ; les tramways sont à trôlet aérien. P. L.

Traction.

Sécurité des tramways à trôlet, par E. Mauville. *Electrical Review* (New-York), t. XXXIX, p. 722-726, 14 décembre 1901. — Il y a à considérer, pour la sécurité d'une ligne à trôlet : 1º la solidité de la construction ; 2º les précautions en cas de rupture. L'auteur constate qu'on a augmenté le diamètre du fil de trôlet de 8 à 10 mm, surtout pour diminuer les chances de rupture ; mais le reste du matériel doit s'ensuivre : le diamètre des boulons, dans les oreilles, doit être élevé de 15 à 18 mm, les colonnes seront en fer malléable et non plus en fonte. Pour la sécurité en cas de chute de fils télégraphiques, les fils de garde seront déterminés de façon à assurer le fonctionnement des coupe-circuits et l'isolement du tronçon du reste de la ligne. Les fils de garde seront en fils d'acier galvanisés et câblés de 10 mm (?) environ. Les règlements du Post-Office exigent qu'il y ait 2 fils de garde pour 1 ou 2 fils de trôlet sépa-

rés de moins de 30 cm. Au delà, il faut 3 fils de garde ; quand la distance dépasse 1 m, on mettra 2 fils de garde au-dessus de chaque fil de trôlet. Quand les fils télégraphiques sont parallèles au trôlet et en deçà de 10 m au-dessus, les fils ou bras de suspension des fils de garde seront pourvus de crochets pour arrêter le fil tombé. Si les fils télégraphiques, sont très rapprochés, on protège le trôlet au moyen d'un treillis de fils de garde. Avec ces précautions, un fil télégraphique aura peu de chances de toucher un fil de trôlet sans toucher en même temps un des fils de garde, qui seront soigneusement mis à la terre par les colonnes et les rails. L'auteur décrit ensuite des systèmes de perche de trôlet destinées à éviter les contacts avec les fils supérieurs et les potences, ainsi qu'avec les voyageurs; tous les 500 m, on installe un poste de coupe-circuits, et les feeders alimenteront le plus petit nombre possible de ces tronçons ; ces postes seront reliés à la station par téléphone. Parmi les divers systèmes décrits pour assurer le fonctionnement des coupe-circuits, le plus recommandable est celui de MM. Blackwell et C°, où, au point de sectionnement, les deux extrémités du fil de trôlet sont fixés aux extrémités d'un levier à bras inégaux ; quand le fil casse d'un côté, la tension de l'autre fait porter le levier contre un bras en fer, mis à la terre. P.-L. C.

Les tramways de Chatham. *Electrician*, t. XLIX, p. 427-431, 4 juillet 1902. — Ce réseau est entré en service le 17 juin dernier; son développement total est de 14 km environ. La distribution se fait par courant continu à 550 volts, avec trôlet aérien. Les machines à vapeur de l'usine génératrice sont pourvues d'un distributeur genre Corliss, construit par MM. Yates et Thom. L'article donne la description de l'usine génératrice et de la ligne. P. L.

Les tramways dans le Midland anglais. *Electrical World and Engineer*, 25 janvier 1902. — Les tramways ont pris, à Nottingham, une extension très rapide; cette ville n'a plus qu'à compléter la quatrième section de son important réseau urbain. Pendant ce temps, des projets de création de grandes lignes suburbaines et interurbaines sont à l'étude. Celui de M. Mackenzie se propose de relier Mansfield avec Alfreton, Ripley, Belper et Ilkeston, et cette dernière localité avec Nottingham ; une autre ligne relierait Nottingham à Derby, en passant par Beeston et Long Eaton ; la distance embrassée serait de 112 km pour une population de 500000 âmes environ. L'auteur de ce projet propose de créer des trains ouvriers à tarif réduit, c'est-à-dire à 0,10 fr pour 6,5 km. Il n'est pas douteux que ces projets seront réalisés prochainement et étendus à la province et à Londres. P.-L. C.

Chemin de fer électrique à marche rapide Rome-Naples. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 238, 11 mai 1902 — Le chemin de fer international Rome-Naples décrit un grand arc de cercle pour éviter les marais Pontins, tant à cause de la mollesse du sol que de l'insalubrité des miasmes qui s'en dégagent. Pour exécuter ce même trajet, il faut cinq heures à l'express Berlin-Naples qui dessert le port de Naples où font escale les transatlantiques de tous les pavillons à destination de l'Afrique, de l'Asie et de l'Australie. On doit tracer une nouvelle ligne qui traversera les marais Pontins et réduira d'environ un cinquième le parcours de 250 km, ce qui permettra à un chemin de fer électrique de couvrir cette distance en moins de deux heures. La nouvelle voie sera naturellement double et sans passages à niveau. Les trains, très courts, se succéderont toutes les trois heures et transporteront chaque fois 150 à 200 voyageurs. Avec les progrès qu'on est en droit d'attendre de la traction électrique, on peut espérer réduire encore considérablement la durée du voyage. En tout cas, la construction de la nouvelle ligne sera exécutée de telle sorte qu'on puisse toujours y introduire les améliorations que l'avenir suggérera. Les voyageurs n'auront plus rien à redouter des fièvres, car la zone dangereuse sera traversée en peu de temps et toujours de jour, tandis qu'avec la vitesse primitive on risquait souvent de tomber au beau milieu des marais, soit pendant la soirée, soit pendant la nuit. La Société électrique adjudicataire recevra une subvention de l'Etat. Le Parlement italien a déjà accepté le projet, aussi intéressant au point de vue expérimental qu'avantageux pour les relations internationales. B. K.

L'équipement électrique du chemin de fer élevé de Manhattan (N. Y.). *Electrical World and Engineer*, 18 janvier 1902. — Les trains sont à 6 voitures, dont 4 motrices développant une puissance de 1 200 chevaux, le poids total des moteurs étant d'environ 16 tonnes. Le trafic effectué par les 300 locomotives anciennes, le sera par 1 800 moteurs électriques, à raison de 2 moteurs de 300 chevaux par voiture motrice. Le courant à 11000 volts est distribué à huit sous-stations pour une longueur de voie de 56 km; ces sous-stations comprennent 26 commutatrices avec 3 transformateurs chacune, dont le rapport de transformation est établi dans chaque cas pour tenir compte de la chute de tension sur la ligne primaire ; ils sont du type Westinghouse à circulation d'air; leur rendement garanti est de 97,75 p. 100 à pleine charge. Les commutatrices, de 1500 kilowatts normaux, et 2250 maxima, sont lancées par le courant continu provenant d'un moteur-génératrice; elles sont à 12 pôles, 25 périodes, 250 tonnes-mètres ; leur rendement garanti est de 95,75 p. 100. Le système sera en état de transporter 2000000 de voyageurs par jour, à raison de 200 trains par jour, et une dépense d'énergie variant de 5000 à 60000 chevaux-heures. P.-L. C.

Mesure des accélérations des trains. *Electrical World and Engineer*, 18 janvier 1902. — Pour mesurer et enregistrer les accélérations dans la marche d'un train, on a présenté devant la Soc. Am. des Ing. méc. un appareil formé d'un tube horizontal terminé par deux branches verticales contenant du mercure. La composante horizontale de l'accélération du train produit une dénivellation du mercure que l'on rend plus sensible en superposant de l'alcool coloré au mercure. P.-L. C.

Éclairage.

Charbons à arc à lumière colorée. (Effectbogenlampen). *Zeitschrift für Elektrotechnik*, 20e année, n° 24, p. 301, 15 juin 1902. — Les charbons contiennent des sels métalliques qui colorent la lumière ; le rendement lumineux est beaucoup plus élevé que pour les lampes à arc ordinaire, ce qui provient du fait que l'arc lui-même

est rendu lumineux par les vapeurs métalliques. La maison Siemens et Halske a mis dans le commerce des lampes à lumière colorée de sa fabrication, celles à courant continu donnent une lumière jaune, celles à courant alternatif donnent de la lumière jaune rouge ou d'un blanc-laiteux. L'intensité lumineuse, toutes choses égales d'ailleurs, est deux à trois fois plus élevée que dans les lampes à arc ordinaire pour le courant continu et trois fois plus élevé pour le courant alternatif. Les lampes à courant continu sont construites pour 8, 10 et 12 ampères et une durée de fonctionnement de cinq heures et demie à 7 heures et demie, tandis que les lampes à courant alternatif absorbent 12, 15 ou 20 ampères et brûlent de 7 à 10 heures.

Procédé Keyser pour la fabrication d'électrodes en carbures pour lampes à arc. Brevet français, n° 317325, du 27 décembre 1901. Communiqué par l'*Office H. Boettcher*, 2, boulevard Bonne Nouvelle. — Les électrodes en carbures, par exemple en carbure de calcium procurent une lumière beaucoup plus intense que celle obtenue au moyen d'électrodes ordinaires en charbon. Mais il est nécessaire de préserver le carbure du contact de l'air dont l'humidité l'altère rapidement. On y parvient en recouvrant l'électrode d'un enduit imperméable. Les enveloppes métalliques employées déjà pour les électrodes en charbon ou carborandum ont un but différent ; elles sont destinées à augmenter la conductibilité et à colorer la lumière. D'ailleurs, ces enveloppes en fer, cuivre, nickel, ne pourraient être employées pour les électrodes en carbure, les points de fusion de ces métaux étant supérieurs à la température produite dans le cratère des électrodes. Cette température est en effet inférieure à celle que procurent les électrodes en charbon et qui volatilise immédiatement le fer, le cuivre et le nickel. Mais on peut employer pour protéger les électrodes en carbure des enveloppes en étain, en zinc, en laiton et surtout en aluminium. Un procédé pratique de protection des électrodes en carbure contre l'action destructive de l'air consiste à les recouvrir d'un enduit composé de glycérine, d'oxydes métalliques et de charbon en poudre, ce dernier corps ayant pour but de donner de la conductibilité à l'enduit. On peut utiliser aussi très avantageusement le goudron, à la condition de calciner ensuite les électrodes dans le but de transformer le goudron en une matière charbonneuse qui constitue un protecteur suffisant contre l'humidité. Si l'on répète plusieurs fois cette opération, on obtient sûrement un enduit assez imperméable pour préserver l'électrode même plongée dans l'eau, de toute décomposition.

L'arc à courant alternatif, par Ernst Adler. *Electrical World*, t. XXXIX, p. 1083-1084, 29 juin 1902. — Les arcs à courant alternatif se forment, comme on le sait, à voltage moins élevé que les arcs à courant continu. D'autre part, les arcs à courant alternatif qui se forment entre des électrodes de matières différentes (fer et charbon par exemple), laissent passer aussi un courant continu, comme l'a découvert, en 1894, le Dr Saheka, de Vienne. L'auteur propose pour ces deux faits une explication basée sur le fait que l'arc à courant alternatif donnerait naissance à un courant oscillant. P. L.

Le spectre de l'arc enfermé, par L. Bell. *Electrical World and Engineer*, 1er février 1902. — Le spectre de l'arc proprement dit commence à la raie *c* et finit au voisinage de la raie *b* du spectre solaire ; dans cet intervalle il est traversé par deux raies brillantes provenant du spectre des charbons; au-delà de cette région, il y a encore quatre autres raies brillantes, la première est verte, la seconde, bleue, la troisième, bleu foncé et correspond à la raie du cyanogène, la quatrième est très large et d'un violet éclatant et beaucoup plus intense que le violet du spectre solaire. L'auteur a trouvé que l'arc enfermé alternatif (60 périodes) de 7,5 ampères est tout à fait identique à l'arc enfermé continu de 6,8 ampères.

Le spectre continu (gazeux) des arcs à potentiel constant est beaucoup plus étendu que celui des arcs en série ; la raie violette y est néanmoins très intense ; elle correspond à la région actinique maximum. P.-L. C.

Quel rendement faut-il adopter pour les lampes à incandescence, et comment peut-on déterminer ce rendement pour chaque usine génératrice? *Electrical Review* (New-York), t. XL, p. 683-684, 710-713, 763-765 ; 24 mai, 31 mai et 7 juin 1902. — Cette question a été traitée à la 25e réunion de la National Electric Light Association, à Cincinnati (Ohio), en mai 1902. L'article reproduit les diverses communications qui ont été présentées à ce sujet. Des tables et des courbes permettent la comparaison des frais qu'entraîne le remplacement des lampes des diverses catégories, classées selon leur puissance et leur rendement. P. L.

Le remplacement gratuit des lampes par les Compagnies d'éclairage électrique est-il recommandable? *Electrical Review* (New-York), t. XL, p. 681-682 ; 24 mai 1902. — Cette question a été traitée à la 25e réunion de la National Electric Light Association, à Cincinnati (Ohio), en mai 1902. Deux sociétaires se sont déclarés partisans du remplacement gratuit des lampes ; un troisième a dit avoir renoncé à cette mesure, après expérience ; un quatrième a préconisé la vente des lampes à prix réduit. P. L.

Quelques types d'installations d'éclairage électrique dans les Etats de l'Ouest. *Electrical Review* (New-York), t. XL, p. 659-664 ; 24 mai 1902. — Les conditions de développement de ces installations ont été fort différentes de celles des entreprises similaires de l'Est. Les villes de l'Ouest couvrent des espaces très vastes par rapport à leur population ; le charbon est assez cher dans la région, mais, en bien des points, la puissance hydraulique est abondante. Enfin l'extension des villes a été très rapide et les services publics ont eu grand' peine à en suivre les progrès. Ces circonstances particulières ont exercé une certaine influence sur les entreprises d'électricité. L'article décrit brièvement quelques installations caractéristiques. P. L.

L'installation d'éclairage de Bergen-County (New-Jersey, Etats-Unis). *Electrical World*, t. XXXIX, p. 899-902, 24 mai 1902. — L'usine génératrice, située à Hackensack, dessert un réseau suburbain ; elle transmet à trois sous-stations des courants diphasés à 2 500 volts. L'éclairage des rues se fait par lampes à incandescence en série. P. L.

La nouvelle installation d'éclairage électrique d'Ottawa (Canada). *Electrical World*, t. XXXIX, p. 989-995, 7 juin 1902. — Quatre sur six des usines génératrices de la Compagnie électrique d'Ottawa ayant été détruites par l'incendie de 1900, la Compagnie a refait toute son installation sur un nouveau modèle. Les deux usines qui ont subsisté servent maintenant de stations auxiliaires et les autres ont été remplacées par une seule, alimentée par les chutes de la Chaudière, que la rivière d'Ottawa forme juste en face de la ville. L'article décrit cette installation. La distribution se fait pour la plus grande partie par courant diphasé à 2 300 volts. Les canalisations, qui couvrent toute la ville, sont entièrement aériennes. P. L.

Téléphonie.

Construction de petites lignes téléphoniques, par A. Dobbs. *Electrical Review* (New-York), t. XXXIX, p. 716-717. — Dans cet article, le dix-septième d'une série sur le même sujet, l'auteur indique quelques procédés de montage des lignes téléphoniques aériennes, en rase campagne, sur des routes bordées d'arbres, où les branches et le feuillage empêchent d'ailleurs de poser convenablement les fils. Ces derniers sont alors placés au milieu des routes et portés par des fils de suspension par l'intermédiaire d'isolateurs en verre ou porcelaine. Les fils de suspension sont attachés aux arbres avec des isolateurs. Quand le nombre de conducteurs est assez élevé pour justifier la pose de poteaux, ceux-ci sont munis de potences horizontales, rattachées entre elles par une traverse verticale en fer boulonné, la potence inférieure et la traverse portant sur un support en fer à 45°, fixé dans le côté du poteau.

P.-L. C.

Electrochimie.

Stérilisation des eaux potables par l'ozone. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 478, 29 mai 1902. — Des essais de stérilisation de l'eau de la Sprée ont été entrepris, à l'instigation du Conseil d'hygiène de l'Empire allemand, par les docteurs Ohlmüller et Fr. Prall, avec un appareil de Siemens et Halske. Le chroniqueur ne donne aucun détail sur l'ozoneur proprement dit ; par contre, on retrouve, dans la tour de stérilisation, le dispositif de Marmier et Abraham, c'est-à-dire, une construction en pierres, cimentée à l'intérieur, de 5 m de hauteur et de 1 m² de section. A l'intérieur, une grille reçoit des cailloux de la grosseur d'un œuf de poule sur lesquels ruisselle et se divise l'eau à traiter pendant que l'ozone monte par la partie inférieure. La tension de la décharge est de 10 000 à 15 000 volts ; on peut produire environ 40 m³ d'air ozonisé, dont la teneur en oxygène est de 3 à 5 gr par m³. (Ces chiffres ne s'appliquent pas certainement à l'oxygène actif ; ce qui semblerait excessif en face des résultats obtenus par Marmier et Abraham, 6 à 9 mmg.) Suivant son degré de pureté, la masse d'eau stérilisée varie entre 5 et 10 m³ par heure. Un dispositif de récupération permet de reprendre l'air appauvri et de le retourner à l'ozoneur. Le conseil d'hygiène a exécuté treize expériences différentes sur de l'eau de la Sprée seule ou mélangée à l'eau de source de Charlottenbourg. On comparait des échantillons prélevés avant et après chaque opération, et traités par la gélatine Agar ou la matière de Heyden, comme dans toutes les études

bactériologiques. En outre, les investigations portaient sur la teneur en ammoniaque, en composés nitrés, ainsi que sur la couleur, la limpidité et le goût : 1. Le traitement de l'eau par l'ozone détruit un très grand nombre de microbes; ce procédé est de beaucoup supérieur à celui des filtres à sable ; 2. Les bacilles du choléra et du typhus sont complètement anéantis; 3. Au point de vue chimique, on constate une diminution dans l'oxydabilité et un accroissement d'oxygène libre ; ces deux résultats concourent pour donner une eau de meilleure qualité; 4. L'ozone qui reste dissout dans l'eau ne peut avoir aucune influence dangereuse au point de vue hygiénique, parce qu'il se transforme très rapidement en oxygène; 5. Ce procédé améliore l'eau en détruisant les matières colorantes qu'elle tient en suspens et qui lui donneraient un goût désagréable. — Une installation capable de stériliser 120 m³ d'eau à l'heure est susceptible de livrer le mètre cube à 6 centimes sur lesquels 2,15 centimes sont afférents à l'ozonisation proprement dite. B. K.

Procédé de Vulitch et d'Orlowsky pour la fabrication du carbure de calcium. Brevet américain, nº 701 650, déposé le 13 décembre 1900, accordé le 3 juin 1902. — Les inventeurs proposent de fondre d'abord la chaux dans un four électrique et de précipiter alors la masse en fusion dans un excès d'hydrocarbone lourd, comme par exemple un des résidus de la distillation du pétrole. Le carbure qui se forme alors dans l'huile possède des propriétés particulières; il est saturé d'huile, ce qui le rend non hygroscopique. Il est très propre à la production intermittente de l'acétylène, puisqu'il est impénétrable par l'eau et que le dégagement du gaz ne se produit que pendant l'immersion; de plus, on le dit exempt de phosphore. P. L.

Procédé Keith pour le traitement des solutions métalliques avec anodes insolubles. Brevet américain, nº 700 941, déposé le 7 décembre 1901, accordé le 27 mai 1902. — **Dans les traitements de cette nature, la concentration des solutions décroît constamment et, pour obtenir un dépôt uniforme, il faut réduire proportionnellement l'intensité du courant. On y arrive d'ordinaire en réglant le courant qui passe dans la cuve, mais c'est là un procédé peu économique, puisque la capacité du générateur n'est complètement utilisée que dans les premières phases de l'opération. Le Dr Keith a imaginé de faire circuler** l'électrolyte à travers un certain nombre de bacs en série; les plaques formant chaque électrode sont reliées en parallèle et leur nombre croît selon le rang que l'élément occupe dans la série. Le courant étant le même à travers tous les éléments, l'électrolyte est soumis à un courant d'intensité décroissante. On peut obtenir ainsi un dépôt régulier en utilisant toute la capacité du générateur. P. L.

Divers.

L'effet des ondes électriques sur le cerveau humain, par D. Mc Intosh et J. Graham-Willmore. *Electrical World*, t. XXXIX, p. 952-954, 31 mai 1902. — Les auteurs ont répété les expériences de M. Frederick Collins sur cette question, mais, pour mesurer la résistance du cohéreur, ils ont employé, au lieu du téléphone, les méthodes plus précises du pont de Wheatstone et de Kohlrausch. Ils n'ont observé en aucun cas que le cerveau agît comme un cohéreur sous l'influence des ondes hertziennes. P. L.

L'économie des ateliers, par T. Beutley. *Engineering Magazine*, t. XXII, p. 514-518, janvier 1902. — Dans la question du rendement d'un atelier si importante pour la lutte économique, il y a deux facteurs essentiels qui s'imposent à l'examen de l'industriel, le rendement de la main-d'œuvre et le rendement mécanique. L'auteur se propose d'examiner les progrès à réaliser, en Angleterre dans cette seconde partie. On néglige trop selon lui la

question de l'éclairage, surtout en ce qui concerne le blanchiment des murs, le nettoyage des fenêtres, et quant au chauffage, on s'illusionne si l'on croit stimuler l'activité de l'ouvrier par une atmosphère froide. D'une façon générale, l'auteur reproche à l'industrie anglaise de ne pas se spécialiser assez, ce qui l'empêche de concentrer ses énergies sur un objet déterminé. Quant à l'équipement des ateliers, on ne saurait trop veiller à approprier le matériel au but qu'il doit remplir et à le tenir au niveau du progrès ; et en ce qui concerne la préparation du travail, l'auteur recommande la méthode usitée dans les grandes usines américaines où les contremaitres, dessinateurs et chefs de service se rencontrentt pour l'élaboration des projets. Il conseille enfin de ne pas trop lésiner sur le prix d'achat des matières premières, dont le bon marché est trop souvent compensé par la mauvaise qualité et les difficultés de main-d'œuvre. P.-L. C.

A propos de l'établissement d'un impôt sur le cuivre brut en Allemagne. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 239, 11 mai 1902. — Il circule, en ce moment, une pétition parmi un grand nombre de maisons allemandes qui ont l'intention de constituer une « Société pour la défense des intérêts de l'électrotechnique en Allemagne ». Nous extrayons du mémoire les renseignements suivants. La production de cuivre brut, en Allemagne, qui était de 24 092 tonnes en 1891, est montée à 30 929 tonnes en 1900, soit un accroissement de 28 p. 100. La consommation, par contre, s'est élevée de 52 027 à 108 927 tonnes, soit une production de 118 p. 100. Les constructeurs électriciens utilisent, en particulier, 50 000 tonnes de cuivre électrolytique, chaque année ; or l'Allemagne en produit très peu et le reste lui vient en grande partie des Etats-Unis d'Amérique. Le renchérissement d'une matière première si importante placerait donc l'industrie électrotechnique allemande, qui exporte annuellement pour plus de 120 millions de marchandises, dans un état d'infériorité vis-à-vis de la concurrence anglaise et américaine. Ces pays, en effet, produisent eux-mêmes leur cuivre qui est, par cela même, exempt d'impôts. Les autres industries qui emploient cette matière se sont solidarisées avec les électriciens. B. K.

Procédé magnétique O. Newhouse pour affiler les lames. Brevet américain, n° 697529, déposé le 23 mars 1901, accordé le 15 avril 1902. — Il suffit, pour affiler par exemple un rasoir, de placer le bord coupant de la lame tout près de la surface d'un barreau aimanté et de laisser l'instrument dans cette position tout le temps qu'il ne sert pas. D'après l'inventeur, l'aimant a pour effet d'aligner régulièrement toutes les petites dents du bord affilé, qui d'ordinaire ont des inclinaisons différentes par rapport à la lame. On obtiendrait ainsi un fil bien meilleur qu'avec le repassage ordinaire. Comme on emploie un aimant à peu près de même longueur que la lame, il serait intéressant de savoir comment l'inventeur explique l'affilage de la partie de la lame qui est au-dessus du milieu de l'aimant. P. L.

LISTE DES BREVETS D'INVENTION

BF : Brevet français. — BP : Patente anglaise — DRP : Patente allemande — USAP : Patente américaine.

La liste des brevets français est communiquée par l'Office **E. Barrault, 17, Boulevard de la Madeleine, Paris**

Traction.

Union (E.-G.). 116 712, DRP, 5 janvier 1900. — Dispositif de sécurité pour voiture motrice actionnée électriquement.

Union Elektricitæts-Gesellschaft. 124 941, DRP,

18 juillet 1900. — Dispositif de sûreté pour tramways électriques.

SIEMENS et HALSKE. 118 027, D R P, 5 décembre 1899. — Dispositif de mise à la terre pour voiture électrique alimentée par balais glissant sur rail.

KINGSLAND (W.). 118 106, D R P, 9 décembre 1899. — Disposition permettant d'éviter la mise en circuit inopportune du distributeur pour tramways.

SIEMENS et HALSKE. 118 107, D R P, 1er mai 1900. — Dispositif pour reconnaître un court-circuit entre le fil de conduite et le fil support d'un tramway électrique à conducteur aérien.

BELLANGÉ. 309 235, B F, 22 mars 1901. — Dispositif ayant pour but de détruire l'effet des fils employés à la conduite de l'électricité nécessaire à la marche des tramways après cassure de ces fils par accidents ou usure.

PILGRIM (C.) et KÖNIGSLOW (A. von). 122 775, D R P, 18 avril 1905. — Mécanisme de protection automatique pour tramways électriques.

STERNS (W.-R.). 692 085, U S A P, 14 septembre 1901. — Signaux pour tramways à trôlet aérien.

Mesures.

RAAB (C.). 124 158, D R P, 12 juillet 1900. — Instruments de mesure à induction pour courants triphasés. Addition au D R P, 100 748.

REINIGER et Cie. 124 070, D R P, 7 août 1900. — Disposition de deux mécanismes de mesure dans des champs magnétiques constants.

ROMAN. 309 444, B F, 30 mars 1901. — Nouveau cadran permettant la lecture immédiate des ampères, des watts, ainsi que la force en chevaux absorbée ou produite par machines dynamo et moteurs électriques.

SIEMENS et HALSKE et A. GESELL. 308 867, B F, 11 mars 1901. — Appareil de mesure avec disposition ramassée de deux systèmes de mesure dans une boite commune.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CABLES ÉLECTRIQUES SYSTÈME BERTHOUD. 307 741, B F, 1er février 1901. — Appareil permettant d'essayer aisément et rapidement à la rupture sous la tension électrique les couches isolantes d'un conducteur électrique quelconque, utilisé soit dans une machine, soit dans un réseau de distribution..... etc....

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE D'ÉLECTRICITÉ (PROCÉDÉS WESTINGHOUSE). 309 831, B F, 10 avril 1901. — Perfectionnements aux méthodes de mesure des propriétés magnétiques du fer et de l'acier.

STANLEY (W.). 124 261, D R P, 19 septembre 1900. — Disposition pour éviter magnétiquement le frottement d'un axe tournant.

ZIEGENBERG. 308 914, B F, 12 mars 1901. — Instrument de mesure de précision pour courants continus.

BIBLIOGRAPHIE

Il est donné une analyse bibliographique des ouvrages dont **deux** *exemplaires sont envoyés à la Rédaction.*

Le Mois scientifique et industriel, a installé définitivement ses bureaux, 23, boulevard des Italiens. La rédaction reste, 33, boulevard des Batignolles.

Manuale theorico-pratico di Chemica fotografica, par le professeur **Rodolfo Namias**. Deuxième tome, 1 vol. petit in-8, 274 pages. *Il Progresso fotografico*, éditeur, Milan.

Les Machines frigorifiques, les Machines-outils, par **G. Richard**, forment les deux derniers fascicules parus de la MÉCANIQUE A L'EXPOSITION DE 1900, *Vve Ch. Dunod*, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins. Prix de la collection entière, qui comprendra environ 20 fascicules : 60 fr.

Tome XXXII | Samedi 16 Août 1902. | 9e Année — N° 33

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).
M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

***Le concours d'accumulateurs de la Marine Nationale* (1901-1902).** — Nous donnons dans ce numéro quelques résultats de ce concours d'après une brochure qui nous a été adressée il y a quelques semaines. En réalité, les essais de la Marine ont porté sur plusieurs autres points dont il n'est pas fait mention dans la brochure et qui sont cependant très importants.

Il est acquis aujourd'hui que la brochure émanait d'un concurrent qui n'a fait connaître que la partie des essais paraissant lui être favorable. C'est ce qui résulte d'un récent article du *Journal des Inventeurs* ainsi que d'une lettre de la Marine, que nous reproduisons ci-dessous :

« La Marine a noté les résultats, et c'est parmi les différents types qui ont pu satisfaire aux conditions qu'elle avait imposées, qu'elle a à faire son choix non seulement en toute liberté et en toute équité, mais surtout en se plaçant spécialement à ce point de vue unique qu'elle avait seul à envisager, qu'il s'agit pour elle d'adopter les types qui lui paraissent le mieux s'adapter aux services qu'elle a à exiger des accumulateurs qu'elle doit employer.

» On comprend, en effet, que tel accumulateur dans certaines conditions d'établissement peut rendre de plus utiles services que tel autre, sans que pour cela, il y ait à juger ou décider que celui-ci est supérieur à celui-là.

» C'est dans ce sens et uniquement dans ce sens que ce concours a eu lieu.

» Les résultats n'en sont pas connus encore, tout ce que l'on peut dire c'est que sur 21 types d'accumulateurs 11 avaient rempli les conditions du programme, c'est-à-dire avaient fourni 150 décharges (suit la liste de ces éléments, liste que nous publions).

» L'Administration de la Marine a voulu soumettre ces différents accumulateurs à d'autres expériences, et ainsi que nous l'avons dit, ces expériences ont duré jusqu'au mois d'avril, peut-être se continueront elles encore, car il ne faut pas oublier que ces appareils sont la propriété de la Marine, qu'elle les a payés, et qu'elle s'en sert à sa fantaisie et comme elle l'entend, ce qui est son droit incontestable.

» C'est dans ces circonstances qu'un des concurrents admis à subir les épreuves du programme a publié une brochure dans laquelle il prétend donner les résultats et les classements de ce concours, et où il affirme que « son élément a été classé premier » ; sans se priver de donner sur les autres éléments des apréciations peu bienveillantes, et qui, il faut bien le reconnaître n'ont rien d'officiel, car elles n'émanent que de son imagination.

» Ajoutons que cette brochure est incomplète, car elle ne contient ni les essais de capacité, ni les dernières expériences faites par la Marine.

» Justement ému d'un pareil procédé, M. le ministre de la Marine a cru devoir écrire la lettre suivante qu'il a adressée aux soumissionnaires du concours :

Paris, le 1er juillet 1902.

Le Ministre de la Marine à MM. les Administrateurs de...

« Messieurs,

« J'ai été informé qu'un des constructeurs ayant pris « part au concours d'accumulateurs électriques institué « par la Marine au commencement de la présente année, a « cru pouvoir écrire que le spécimen d'accumulateur livré « par lui avait été classé le premier.

s'agit pas de la propriété de l'eau. Je sais bien qu'on ne retient pas l'eau dans un panier : il s'agit de la propriété de la force motrice ». Ce à quoi deux autres professeurs de la Faculté de droit de Paris, MM. Massigli et Saleilles répondent, le premier : « Cette propriété n'existe pas » ; et le second : « Je crois que la force motrice, en tant que force, n'est pas susceptible de faire l'objet d'un droit de caractère privé et qu'il est impossible de la faire rentrer dans le domaine visé par l'article 644 du Code Civil. »

Pour les personnes qui, comme nous, ont négligé l'étude du droit, la thèse de M. Pillet a le mérite du bon sens, et le bon sens a si rarement l'occasion de se produire qu'il convient de signaler cette manifestation. A quel titre l'Etat pourrait-il concéder la force motrice ? On a parlé de valeur créée : mais l'utilisation industrielle ne crée rien du tout, elle peut avoir au plus pour objet de trouver des emplois nouveaux à une valeur qui a existé de tout temps, quoique ayant été fréquemment négligée faute d'une adaptation possible aux besoins de l'industrie. Y eût-il une valeur créée, l'Etat ne serait pour rien dans cette création, et, par suite, il ne peut trouver dans cette circonstance un fondement à ses prétentions. Ce serait alors à titre de *res nullius* que l'Etat entendrait s'approprier la chute et exercer sur elle un droit de disposition ; et, en effet, les partisans du système de la concession par l'Etat ne se lassent pas de répéter que la force motrice constitue une valeur distincte de la valeur que peut présenter à d'autres points de vue l'eau courante, que les riverains ne possèdent aucun droit sur cette force motrice à moins qu'ils ne l'aient déjà utilisée ; enfin, que la leur abandonner serait leur faire un cadeau au détriment des droits de la communauté, de l'Etat.

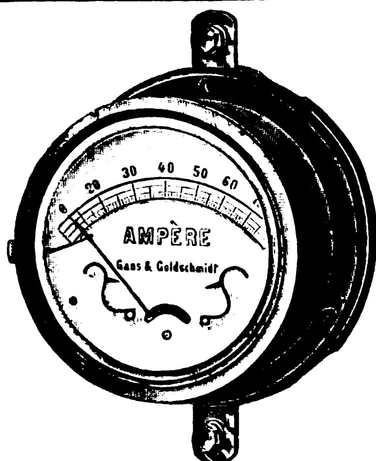
L'inexactitude de cette affirmation ressort de la législation même et de l'interprétation que lui a donnée la jurisprudence en matière de cours d'eau : il n'est pas douteux que, lorsque la rivière coule, dans la partie de son cours utilisable comme force motrice, entre des berges appartenant à un seul riverain, la force motrice de la chute appartient à ce riverain et à lui seul. On ne peut pas prétendre sans contradiction que si, au lieu d'un seul riverain, il y en a deux

ou un plus grand nombre, le droit qui, dans le premier cas appartient *au riverain*, n'appartient pas, dans le second cas, *aux riverains*, mais à l'Etat. Le système de la concession est, en réalité, une expropriation, et si une indemnité n'est pas allouée, c est une confiscation.

D'autre part, l'entente est parfaitement légitime entre propriétaires co-riverains pour l'utilisation de la force motrice et cette utilisation est l'exercice normal d'un droit. En peut-il être autrement, lorsqu'ils ne s'entendent pas, et dira-t-on alors que leur droit ne leur appartient plus et qu'il peut être concédé par l'Etat ? L'existence ou la non-existence d'un droit ne peut pas dépendre de circonstances fortuites et variables, comme la volonté des individus. Ceci ne prouve pas que le système de la concession ne puisse pas être établi, mais ceci fait voir qu'au fond de ce système existe nécessairement une spoliation.

La conclusion de M. Pillet est que la licitation des droits de riveraineté, soutenue par M. Michoud, n'est pas seulement recommandable parce qu'elle respecte les intérêts des particuliers ; c'est le seul système conforme à la vérité juridique, le seul qui garantisse des droits légitimement acquis. Alors pourquoi établir un système artificiel et menaçant pour les intérêts particuliers, lorsque le droit commun fournit les moyens de sortir d'embarras ?

Cette défense de la propriété privée a eu comme contre-partie une profession de foi de M. Larnaude, également professeur à la Faculté de droit de Paris. Il paraît qu'en 1890, à l'inauguration de son cours de droit public, il avait pris comme thème d'une de ses leçons l'idée que la notion de domanialité publique est toute relative, qu'elle n'est pas la même dans les pays du Nord que dans ceux du Midi. Pascal s'en était bien douté, il y a quelque deux siècles et demi, lorsqu'il écrivait : « Les lois fondamentales changent, le droit a ses époques », et M. Larnaude veut être de son temps. Il croit qu'il faut faire rentrer dans la domanialité tout ce qui, dans un pays, par sa destination naturelle, doit servir aux usages de tous. Et, d'après lui, les cours d'eau non navigables ni flottables, les sources, et même les eaux souterraines devront, un jour ou l'autre, revenir au domaine public, en raison, les premières des utilités nouvelles nées de la technique industrielle ou agricole, les autres des besoins de la salubrité des villes, des villages, et de la santé des individus. « Il faut, dit-il, que la propriété privée ait des prétentions plus modestes. Qu'elle se restreigne aux parties du territoire qu'elle peut le mieux mettre en valeur : cette meilleure mise en valeur est aussi sa meilleure justification. » L'auteur n'a pas jugé à propos de s'expliquer sur cette dernière formule et nous le regrettons, car il doit avoir des idées peu banales, lui qui parle « de l'utilisation des eaux souterraines bien captées et bien employées pour augmenter dans des proportions fabuleuses la force productive des terres ». Il a oublié aussi de dire à quoi on reconnaît dans un pays ce qui doit servir aux usages de tous : les routes, les chemins de fer, la poste, le télégraphe, nous comprenons qu'on les range dans le domaine public ou qu'on en fasse un service public parce que tous en ont besoin ; mais la force motrice, produite au moyen des chutes d'eau des Alpes ou des Pyrénées, répond si peu à l'usage de tous qu'on s'en est passé jusqu'ici. Quoi qu'il en soit, M. Larnaude ne se pose pas en démolisseur de la propriété privée ; loin de là, mais il a une étrange manière de la défendre. Après avoir déclaré qu'aucune des justifications de la propriété privée ne peut s'appliquer à l'eau des cours d'eau, ni même à l'eau des sources, il se refuse à appliquer la même conception à la propriété du sol, et il en donne le motif suivant : « La différence, dit-il, est radicale. La terre, je puis l'utiliser ; l'eau je ne puis l'utiliser que d'une manière restreinte : au delà de mes besoins, je ne



puis que la gaspiller, et en la gaspillant je gaspille une richesse sociale. » Gageons que M. Larnaude possède des terres où il n'y a ni cours d'eau, ni source.

D'après ce simple rapprochement des opinions professées par M. Pillet et par M. Larnaude, on peut prévoir les discussions auxquelles donnera lieu la proposition de loi du gouvernement, lorsque l'étude en sera abordée à la Chambre des Députés et au Sénat. Les industriels, qui, dès maintenant, ont fait leur petite affaire et se sont assuré la possession régulière des rives des cours d'eau, seraient assez disposés à transiger sur une solution proposée par M. Colson. Leur représentant, M. Pinat, accepterait que la concession ne fût pas imposée à celui qui, pour établir une chute d'eau se trouverait en possession de tous les droits nécessaires et n'aurait rien à demander, ni à l'Etat, ni au pouvoir judiciaire : quant aux installateurs futurs de chutes, ils se débrouilleraient comme ils pourraient, c'est une conséquence fatale de la transaction. Le premier serait propriétaire indéfiniment, les seconds seraient à la discrétion de l'Etat; il est inutile d'ajouter que, de ce seul fait, résulterait pour le premier une supériorité économique considérable sur les seconds, ce qui atténuerait les dangers de leur concurrence éventuelle.

Au fond de toutes les dissertations qui se sont produites devant les Sociétés d'Economie politique ou d'Etudes législatives, on retrouve le sentiment confus que l'utilisation des chutes d'eau peut devenir une source de richesse considérable, et c'est à qui s'en assurera la possession, de l'Etat ou des particuliers. M. Colson, conseiller d'Etat, partage cette illusion, dont le D[r] Cornelius Herz fut le père, lorsqu'il lança quelques-uns des grands financiers de l'époque dans l'entreprise du canal de Jonage, devenue la Société des forces motrices du Rhône. « Il faut bien songer, dit M. Colson, qu'un jour ces chutes d'eau peuvent constituer des fortunes colossales, car on ne saurait considérer comme une éventualité irréalisable la conception d'une situation industrielle telle que leur possession assure une supériorité énorme aux établissements qui en bénéficieraient. » L'orateur sait aussi bien que nous que l'épuisement des houillères n'est pas près de se produire ; que nous avons, dans les gisements connus et dans des conditions normales d'exploitation, de la houille pour deux ou trois siècles ; que, d'ici là, les houilles d'Amérique, de Chine, et d'autres encore interviendront plus activement dans l'alimentation du monde entier; enfin que les perfectionnements apportés sans cesse à l'utilisation du combustible tendront à en maintenir la consommation annuelle sensiblement constante à partir d'un moment donné. Nous ne nous expliquons pas pourquoi il ajoute que l'épuisement des houillères peut aussi se manifester plus tôt qu'on ne le pense, à moins que ce ne soit pour conclure que la possession de la force motrice produite par les chutes d'eau pourrait devenir la condition absolue de l'exercice de certaines industries.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

Théorie.

Rotations électrostatiques, par G. Vicentini. *Il Nuovo Cimento*, t. III, p. 296, avril 1902. — La question a déjà été étudiée par Quincke (*Wied. Ann.*, t. LIX, p. 417, 1896); Heidweiller (*W. Ann.*, t. XXI, p. 529, 1897, et t. LXIX, p. 531, 1899); Boltzmann (*W. Ann.*, t. LX, p. 399, 1897); Schweidler (*Beiblätter*, t. XXII, p. 107, 1898). L'auteur a abordé une partie encore inexplorée, celle de la rotation des liquides. Dans la paroi d'un vase en forme de cristallisoir, on fixe les deux électrodes diamétralement opposées. Après quelques mouvements irréguliers, le liquide se met en rotation, le sens de la rotation est quelconque, il suffit de donner au liquide une impulsion pour que la rotation continue dans le même sens. Même phénomène si les deux électrodes sont reliées au même pôle, l'autre pôle étant en communication avec une électrode placée au centre. La polarité est sans influence. Si une électrode est au centre, l'autre reliée à une lame qui tapisse la paroi du vase sur tout le contour, on observe des ondes concentriques. Dans les expériences de rotation, on constate que la vitesse qui a lieu au début diminue graduellement et atteint rapidement une valeur invariable. La nature du liquide, pétrole ou benzine, semble sans influence sur la vitesse. L'auteur a étudié la distribution du potentiel au moyen d'une électrode sonde. Le champ négatif prédomine sur le positif; celui-ci, très restreint, se présente sous la forme d'un coin qui pénètre dans la partie négative. Cela tient à ce que l'électricité positive passe en grande partie entre le liquide et la paroi et, en effet, en étudiant le potentiel sur la paroi, on trouve la surface positive très étendue et s'approchant à très peu près du pôle négatif. M. Vicentini a terminé cette étude par des expériences analogues sur les poudres en suspension et sur les gaz. G. G.

Propriétés magnétiques des aciers au nickel, par Crittenden Marriott. *Electrical World*, t. XXXIX, p. 813. 10 mai 1902. — Les officiers du service géodésique des Etats-Unis pensent que les propriétés magnétiques particulières des aciers contenant 15 à 25 p. 100 de nickel simplifieront beaucoup les mesures du magnétisme terrestre, ainsi que toutes les observations galvanométriques exigeant une grande exactitude. L'emploi de ces aciers empêchera, croit-on, les variations de température de changer le moment de l'aimant et dispensera ainsi des longs calculs qu'exige la correction de cette erreur. Depuis quelques années, beaucoup d'études ont été faites en France sur les aciers renfermant moins de 25 p. 100 de nickel et ont abouti à des résultats surprenants. Un acier contenant, par exemple, 24 p. 100 de nickel, est non magnétique quand il sort du creuset et le reste jusqu'à ce que sa température soit tombée à 0°. Il commence alors à acquérir du magnétisme jusqu'à la température de — 200°, qui marque le maximum. Si on chauffe de nouveau, il conserve exactement le même état de magnétisme jusqu'à 450°, puis son magnétisme commence à décroître pour redevenir nul à 650°. P. L.

Génération et Transformation.

Essais d'une machine à vapeur avec surchauffeur système Schmidt, par le professeur Ewing. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 615, 10 juillet 1902, d'après *The Electrical Engineer*. — Cette machine à vapeur a été construite par la maison Easton et Cie, de Erith, et est destinée à une dynamo à courant continu de 140 kilowatts. Elle est du type vertical à 3 manivelles, décalées de 120°, et commandées chacune par deux cylindres en tandem. La distribution de la vapeur est telle que la machine fonctionne comme moteur à triple expansion. La vapeur arrive de la chaudière dans l'un des cylindres supérieurs, puis se répand immédiatement dans les deux autres ; à sa sortie des cylindres supérieurs, elle se rassemble dans un receiver d'où elle passe en même temps dans les trois cylindres inférieurs. Les constantes sont :

diamètre des cylindres supérieurs, 300 mm; des cylindres inférieurs, 400 mm; course des pistons, 200 mm. En régime normal, la machine sera munie d'un condenseur à injection, mais, exceptionnellement pour les essais, on a employé un condenseur à surface. La pompe à air était actionnée par un électromoteur de 4,5 kilowatts. La durée des essais a été de 14 heures, pendant lesquelles la vapeur a été maintenue à la pression constante de 8,5 atmosphères, mais le professeur Ewing a reconnu que ce régime n'était pas le plus favorable au moteur, qui perd, dans ces conditions, tous les avantages de la triple expansion. Il est construit, en effet, pour fonctionner à 11,5 atmosphères. Quoiqu'il en soit, les consommations spécifiques relevées sont très favorables. N'oublions pas, d'ailleurs, que l'intérêt de ces expériences réside presque tout entier dans la surchauffe. Or la température de la vapeur surchauffée, à la soupape, oscillait entre 350° et 380°, ce qui correspondait à une surchauffe moyenne de 200°, sur lesquels environ 60° étaient fournis par le receiver; la surchauffe, à l'entrée du cylindre à haute pression, se réduisait donc à 135°. On relevait l'énergie électrique fournie par la génératrice : 1° au moyen d'un wattmètre enregistreur automatique; 2° en lisant, à intervalles réguliers, les indications d'un voltmètre et d'un ampèremètre. Les nombres donnés par les deux méthodes concordaient très bien. L'expérimentateur accordait moins de confiance aux relevés fournis par les 12 indicateurs adaptés aux 6 cylindres, et cela à cause de la grande vitesse de rotation de la machine qui marchait à 400 t. : m. Le rapport entre les chevaux électriques et les chevaux indiqués était 0,83; et on arrivait à une consommation de 5,1 kg de vapeur par cheval indiqué. Le tableau suivant résume les consommations de vapeur par kilowatt-heure pour différentes charges.

Kw.	Kg de vapeur par kw-heure.
140	8,1
120	8,2
100	8,3
80	8,6
60	9,3
40	10,9
20	16,9

Ewing conclut son rapport en faisant remarquer qu'une dépense de 8,1 kg de vapeur par kilowatt-heure, pour une machine de si faible puissance, doit être considérée comme un résultat très remarquable. B. K.

Commutatrices de la Bau-und Betriebsgesellschaft, de Vienne. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 267, 25 mai 1902. — Cette installation, exécutée par la Siemens und Halske Aktien-Gesellschaft, a pour but de transformer du courant continu en courants triphasés à haute tension qui sont transmis à la sous-station de Simering. Elle comprend deux groupes de transformateurs constitués chacun par : 1° une commutatrice de 550 kilowatts, à 500 t. : m., qui reçoit du courant continu à 550 volts et débite des courants triphasés à la fréquence 50, sous 390 volts; 2° un transformateur de phases pour le réglage de la tension triphasée à 5 p. 100 près environ; 3° un transformateur de 600 KVA qui élève la tension des courants triphasés fournis par la commutatrice de 390 à 5000 volts. Le primaire de ce transformateur est formé de trois circuits alternatifs décalés de 120° et indépendants, tandis que le secondaire est monté en triangle. La qualité dominante des commutatrices est de pouvoir fonctionner sans étincelles, même pour les plus grandes variations de charge et sans qu'il soit nécessaire de déplacer les balais. On les fait démarrer par le côté continu; pour leur mise en parallèle, on se sert de 3 lampes qui brillent alternativement jusqu'à ce que le synchronisme soit atteint et l'ordre des allumages indique quelle est celle des machines qui est en avance. Dès qu'elles sont en phase, l'une des lampes s'éteint, les deux autres au contraire brillent d'un vif éclat, et à cet instant précis, facile à saisir, on effectue le couplage. Les transformateurs de phases permettent de répartir à volonté la charge sur l'une ou l'autre machine. Leurs enroulements primaires et secondaires peuvent être décalés l'un par rapport à l'autre, de telle sorte que le rapport de transformation varie depuis un maximum négatif jusqu'à un maximum positif, en passant par zéro. Ils sont construits comme des moteurs asynchrones, dont le rotor, alimenté par les courants triphasés à 390 volts, constitue le primaire; le secondaire est formé par l'enroulement du stator. La tension de ce transformateur peut varier entre $\pm$ 22 volts; par conséquent, la tension primaire oscille entre 390 $\pm$ 22 volts et la tension secondaire entre 5000 $\pm$ 282. Le côté haute tension du transformateur est pourvu d'un interrupteur à tube, qui ne donne pas d'étincelle visible même quand on rompt le circuit sous une charge de 300 kilowatts. Les conduites à haute tension sont munies de fusibles renfermés dans des tubes. Enfin, on se rend compte à chaque instant de l'état d'isolement de l'installation et de la ligne au moyen d'un voltmètre électrostatique avec condensateur qui donne la tension entre deux phases quelconques ou entre une phase et la terre. B. K.

Prix comparés du gaz et de l'électricité dans 60 villes de l'Etat de Massachusetts en 1900-1901. *Revue industrielle*, t. XXXIII, p. 337-338, 23 août 1902. — L'auteur, M. Ph. Delahaye, a utilisé les documents établis par l'Etat de Massachusetts pour dresser un tableau donnant le prix de vente, les bénéfices d'exploitation, le nombre d'abonnés du gaz et de l'électricité et la population, pour 60 villes de cet Etat d'une population globale de plus de deux millions et demi d'habitants. Le prix du mètre cube de gaz de houille ou de gaz à l'eau carburé varie de 17 à 53 centimes, le prix du kilowat-heure de 1 fr. à 1 25 fr. et les bénéfices bruts de l'électricité sont pour l'ensemble supérieurs à ceux du gaz. — Il résulte encore de ce tableau les renseignements suivants : 1° Pour 28 villes, dont Boston, où la concurrence existe entre le gaz et l'électricité, et dont la population totale

est de 1 679 540 habitants, les bénéfices d'exploitation de l'exercice 1900-1901 se sont élevés pour le gaz à à 440 700 doll. avec 145 515 compteurs, pour l'électricité à 1 781 537 doll. avec 26 312 abonnés de lumière et force motrice; 2° pour 12 villes où le gaz existe seul et dont la population totale est de 404 865 habitants, les bénéfices se sont élevés à 210 806 doll. avec 33 158 compteurs; 3° pour 20 villes où les deux exploitations de gaz et de l'électricité sont dans la même main et dont la population totale est de 502 930 habitants, les bénéfices d'exploitation se sont élevés : pour le gaz à 278 546 doll. avec 35 514 compteurs, pour l'électricité à 277 276 doll. avec 6501 abonnés.

Applications mécaniques.

Essai commercial des moteurs asynchrones, par Mc. Allister. *Electrical World and Engineer*, 11 janvier 1902. — L'auteur propose des méthodes n'exigeant qu'un wattmètre et un voltmètre; il détermine séparément le glissement, le couple, le courant secondaire et le facteur de puissance. Le glissement est donné par le rapport de la perte ohmique dans le cuivre, à la puissance secondaire totale : $S = \frac{R_2 I^2_2}{E_2 I_2 \cos \varphi}$; le couple s'obtient très exactement en divisant la puissance secondaire par la vitesse au synchronisme. Ces mesures supposent connue la résistance secondaire; pour une cage d'écureuil, on cale le rotor, un wattmètre dans le primaire donnera la perte ohmique totale du primaire et du secondaire, d'où l'on déduira aisément la résistance secondaire; quant au courant secondaire, il faut le déduire du calcul. La méthode du wattmètre pour la mesure du facteur de puissance est connue; le courant primaire s'en déduit par le calcul. L'auteur donne des tables et des courbes d'essais effectués sur un moteur de 5 chevaux.

P.-L. C.

L'équipement électrique des machines-outils modernes, par R. Lozier. *Electrical Review* (N. Y.), t. XXXIX, 21 décembre 1901, p. 754-758. — D'après des essais faits par M. Benjamin (American Society of Mechanical Engineers), sur 60 établissements, le rendement des transmissions par courroies est 35 à 45 p. 100 de la puissance totale qui peut se répartir de la façon suivante : frottements dans la machine, 10 p. 100; actionnement des arbres, 15 p. 100; courroies et poulies 15 p. 100; machines à vide, 15 p. 100; travail utile, 45 p. 100. Pour 30 m d'arbres de transmission avec moteurs électriques, le rendement est de 70 p. 100. L'application d'un moteur à chaque machine a montré, dans les grandes usines, que la puissance moyenne demandée à la génératrice n'était que 16,6 p. 100 de la puissance nominale de l'atelier. En examinant la question au point de vue économique, l'auteur arrive à cette conclusion que le système à moteur individuel donne une économie de 50 p. 100 de la dépense occasionnée par le système à courroies, avec le prix de la tonne de charbon à 15 fr. En outre, l'équipement électrique augmente de 8 à 25 p. 100 la production, toutes choses égales; et l'auteur donne de nombreux exemples d'application.

Traction.

Les moteurs du chemin de fer électrique aérien de Liverpool. *Electrician*, t. XLIX, p. 373-375, 27 juin 1902. *Electrical Review*, t. L, p. 20, 4 juillet 1902. — Cette ligne est longue de 10,5 km et comprend 16 arrêts. On a résolu, il y a un an, de diminuer la durée du trajet, qui était de 32 minutes, et on a réussi à l'abaisser à 20,5 minutes. Ce résultat a été obtenu au moyen d'un nouveau matériel roulant qui permet de donner aux trains une forte accélération. L'article donne les courbes de fonctionnement des moteurs et leurs détails de construction.

P. L.

Appareillage électrique pour chemins de fer, par l'ingénieur Fillunger. Communication faite à la Société des Electriciens de Vienne le 2 avril 1902. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, p. 240, 11 mai 1902. — L'invention de l'auteur consiste en un appareil enregistrant automatiquement les signaux des cloches électriques, la position des

signaux éloignés et la manœuvre des aiguilles. Il se place dans la station même, à la portée du chef de gare, soit dans le bureau affecté au télégraphe, soit dans une pièce réservée. Une de ses qualités non moins appréciable est de pouvoir contrôler la vitesse d'un train en marche, et ce contrôle donne des résultats bien plus exacts que les enregistreurs installés sur la locomotive elle-même. Ce dispositif, dit l'auteur, joue vis-à-vis du personnel subalterne le rôle d'un gardien dont la vigilance n'est jamais en défaut et, en cas d'accident, permet immédiatement d'établir les responsabilités. Cinq figures, très détaillées, complètent l'article. B. K.

Un nouvel appareil de sécurité pour voitures de tramway, par Br. Böhm-Raffay. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 293-294, 15 juin 1902. — L'appareil imaginé par M. Alois Svobodo, ingénieur en chef des tramways de Prague est constitué par un cadre protecteur solide, en forme de chasse-neige qui descend automatiquement jusqu'au niveau du sol dès qu'un objet d'un certain volume est engagé sous la voiture et le rejette latéralement. L'appareil est mis en action au moyen d'un cadre léger placé à l'avant de la voiture; quand ce cadre rencontre un objet d'une certaine hauteur, il oscille autour d'un axe et fait déclencher le cadre protecteur qui descend vers le sol. Des essais officiels entrepris à Prague, ont montré que l'appareil est très efficace, le mannequin employé dans ces essais a toujours été rejeté en dehors de la voie, quelle que fût la vitesse de la voiture. B. K.

Influence de la composition chimique sur la résistivité des rails de roulage et de prise de courant, par Sydney Woodfield. *Electrical Review* (Londres), t. L, p. 1 047-1 049, 27 juin 1902. — La conductance de l'acier varie notablement avec la nature et la proportion des éléments qui entrent dans sa composition : carbone, manganèse, silicium, soufre, phosphore. Des tables, les unes reproduites, les autres dressées par l'auteur, indiquent la résistivité des divers aciers employés pour les rails, et la résistance des voies simples ou doubles par mille de longueur, selon le système d'éclissage électrique adopté. P. L.

Télégraphie et Téléphonie.

Nouvel appareil de télégraphie sans fil de Marconi. *Electrical World and Engineer*, t. XL, p. 91-92, 19 juillet 1902. — Le nouveau récepteur de Marconi est basé sur la diminution de l'hystérésis d'un barreau de fer produite par le choc d'ondes de haute fréquence sur ce barreau. Si le barreau est à ce moment soumis à une force magnétique variant lentement, il en résultera, à chaque choc d'ondes, une variation dans l'état magnétique du barreau, et par suite des courants induits dans un solénoïde entourant le barreau. Marconi constitue son récepteur par un noyau en fils de fer fins pourvu de deux enroulements superposés ; l'enroulement intérieur est connecté aux plaques ou aux fils du résonateur (terre et fil aérien ou transformateur récepteur dans les appareils syntonisés) ; l'enroulement extérieur est relié à un récepteur téléphonique. Un aimant en fer à cheval mû par un mouvement d'horlogerie tourne devant le noyau ; ou bien deux aimants fixes sont placés en regard des enroulements et le noyau, mobile à l'intérieur, est constitué par une corde en fer s'enroulant sur une poulie. Un appareil de ce genre a été employé entre Poldhu et North Haven (243 km), les signaux ont une uniformité d'intensité remarquable. P.-L. C.

La transmission téléphoniques à grandes distances comparée aux phénomènes hydrodynamiques, par H.-T. Eddy. *Electrical World and Engineer*, t. XL, p. 127-128, 26 juillet 1002. — L'auteur reprend la comparaison classique de Maxwell entre les phénomènes du courant alternatif et ceux qui se produisent dans un corps de pompe à double action. Pour l'appliquer à la transmission à grande distance, il considère deux pompes l'une génératrice, l'autre réceptrice reliées par une longue conduite. Il est évident que l'inertie empêcherait la pompe génératrice de transmettre des oscillations très rapides dans la

conduite, mais si l'on suppose cette dernière munie uniformément de chambres d'air ou constituée par des parois parfaitement élastiques, on comprend aisément qu'une onde de pression va prendre naissance et se transmettre intégralement à l'extrémité de la conduite, si les frottements du liquide peuvent être négligés. La pompe réceptrice engendrera de même une onde réfléchie dont la combinaison avec l'onde directe donnera les ondes stationnaires. L'auteur explique très clairement au moyen de cette comparaison, les phénomènes d'atténuation et de distorsion dans la transmission d'oscillations de fréquences différentes. P.-L. C.

Éclairage.

Intensité lumineuse de l'arc électrique, par C.-P. Matthews. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 615, 10 juillet 1902, d'après *Electrical World and Engineer*. — Cette petite note résume la communication faite par le professeur P.-C. Matthews, sur la lampe électrique, à la 25[e] réunion de la National Electric Light Association of America, à Cincinnati. Les essais de ce savant ont porté sur différentes lampes tant pour courant continu que pour courant alternatif.

LAMPES DE 6,6 AMPÈRES

Consommation en watts par bougie sphérique moyenne.

sans globe — courant continu (5 lampes)	1,07	1,37	1,24	1,27	1,28
sans globe — courant alternat. (3 lampes)	1,86	2,06	1,76		
avec globe transparent, courant continu	1,2	1,29	1,35	1,24	1,37
avec globe opalin, courant alternatif	2,25	2,06	1,55		

La consommation moyenne des lampes de 6,6 ampères, avec globe opalin intérieur et globe transparent extérieur, est de 1,31 watt pour le courant continu et 1,92 watt pour le courant alternatif ; dans ce dernier cas, le chiffre tombe à 1,48, si on fait usage d'un réflecteur. Les lampes alternatives de 7,5 ampères sans globe soumises aux essais ont donné : 2,28 — 1,94 et 1,8 watt par bougie sphérique moyenne ; leur facteur de puissance a oscillé entre 0,83 et 0,88. En faisant des essais comparatifs entre les arcs nus et les arcs avec globe appliqués à l'éclairage des voies publiques, l'auteur est arrivé à cette conclusion que, si le point lumineux est à 7,5 m au-dessus du sol, on obtient le même éclairage, pour une même dépense de 450 watts, dans un cercle de 35 m de rayon ; au-delà, on doit donner la préférence à l'arc avec globe. B. K.

Électrochimie.

Fabrication électrique de l'acier en Suède. *L'Électricien*, t. XXIII, p. 112, 16 août 1902, d'après *Elektrotechnische Zeitschrift*. — Voici quelques passages d'une correspondance adressée à notre confrère allemand : On fabrique actuellement, dans l'aciérie de Gysinge (Suède), de l'acier coulé sous l'action du courant électrique. Le propriétaire de cet établissement, M. Benedicks, installa en 1889, sur les conseils de M. Kjellin, ingénieur, un four électrique sans électrodes, qui devait fournir de l'acier : Dès le 18 mars de l'année suivante on obtient la première coulée, et on reconnut que l'acier produit était d'excellente qualité. Le problème se trouvait résolu techniquement parlant, mais non au point de vue économique. En effet, avec la dynamo utilisée, de 78 kilowatts on ne parvenait pas à obtenir plus de 270 kg d'acier coulé par vingt-quatre heures, et le four ne pouvait recevoir à la fois que 80 kg de minerai. On construisit donc un nouveau four qui, achevé en novembre 1900, donna des résultats bien plus remarquables : en utilisant une dynamo 58 kilowatts, on coula en vingt-quatre heures de 600 à 700 kg d'acier. Le second four pouvait recevoir 180 kg de minerai, et les charges de 100 kg duraient de trois à quatre heures. A la suite des expériences ci-dessus, on vient de construire encore un nouveau four, en lui affectant une turbine d'une puissance de 300 chevaux avec une dynamo génératrice qui lui est directement accouplée. Ce dernier four pourra recevoir 1 800 kg de minerai et l'on calcule que, en le chargeant de matières brutes à froid, on réalisera une production annuelle d'au moins 1500 tonnes. D'après M. Kjellin, l'acier ainsi fabriqué est de qualité supérieure ; il se distingue par sa dureté, sa densité, il accuse une homogénéité et une ténacité remarquables ; en outre, il s'égrène et se déjette moins facilement que l'acier ordinaire à la trempe. Ces propriétés spéciales, qui diffèrent dans une certaine mesure de celles des aciers ordinaires, sont sans doute attribuables à l'absence de gaz. De plus, on assure que la fabrication par les mêmes procédés des aciers spéciaux au nickel, au chrome, au manganèse et au tungstène ne doit comporter aucune difficulté. L'acier chromé et celui au tungstène qui sortent de l'établissement de Gysinge, se prêtent tout particulièrement à la torsion. L'on a en outre constaté que l'acier au tungstène du même établissement donne des aimants permanents plus puissants que ceux fabriqués avec l'acier au tungstène ordinaire et qu'il ne se déjette pas à la trempe. Le four de Gysinge d'une manipulation simple et commode promet de pouvoir soutenir la concurrence au point de vue des frais de fabrication, avec les fours ordinaires généralement employés dans les aciéries, d'autant mieux qu'il donne des produits de qualité supérieure.

Divers.

L'industrie électrique et l'instruction technique en Angleterre. *Electrical Review*, Lond., t. LI, p. 137-138, 25 juillet 1902. — Dans un rapport du « Technical Education Board » de Londres, le comité attribue l'infériorité croissante des Anglais dans les industries chimiques, optiques et électriques : 1° à l'insuffisance des connaissances scientifiques des fabricants qui sont, par suite, dans l'impossibilité d'apprécier la valeur du concours scientifique ; 2° aux conditions défectueuses de l'instruction secondaire ; 3° au défaut de jeunes gens versés dans les applications de la science à l'industrie ; 4° à l'absence d'une institution qui aurait ce but et qui serait suffisamment bien équipée. P.-L. C.

LISTE DES BREVETS D'INVENTION

BF : Brevet français. — BP : Patente anglaise — DRP : Patente allemande — USAP : Patente américaine.

La liste des brevets français est communiquée par l'Office E. Barrault, 17, Boulevard de la Madeleine, Paris

Télégraphie et Téléphonie.

Télégraphie hertzienne. — Rochefort. 307 337, B F, 22 janvier 1901. — Nouveau récepteur pour télégraphie hertzienne.

Rochefort. 307 859, B F, 5 février 1901. — Nouveau cohéreur pour télégraphie hertzienne.

Schaefer. 307 167, B F, 17 janvier 1901. — Perfectionnements aux récepteurs pour ondulations dynamo-électriques, ondulations Hertz.

Schæfer, Lippold et Renz. 121 663, D R P, 31 mai 1899. — Appareil récepteur pour ondes électriques.

Scharf. 312 843, B F, 19 juillet 1901. — Procédé pour la transmission simultanée, dans les deux sens, d'un nombre quelconque de dépêches sur un même fil conducteur, par le moyen d'ondes électriques stationnaires de longueurs différentes.

Scharf. 312 844, B F, 19 juillet 1901. — Procédé de télégraphie sans fil basé sur l'application des oscillations électriques stationnaires.

Shœmaker et Gehring. 312 924, B F, 23 juillet 1901. — Perfectionnements à la télégraphie sans fil.

Shœmaker (H.). 691 815, U S A P, 16 octobre 1901. — Cohéreur.

Slaby (A.) et von Arco. 124 154, DRP, 23 décembre 1898. — Disposition de station de départ et station réceptrice pour télégraphie sans fil avec conducteur aérien vertical.

Slaby (A.) et Arco (G. Graf von). 124 645, D R P, 9 février 1900. — Récepteur pour télégraphie sans fil avec source de courant unique.

Systèmes télégraphiques. — Brown. 308 058, B F, 12 février 1901. — Perfectionnements dans la télégraphie électrique.

Burke. 312 084, BF, 25 juin 1901. — Code perfectionné pour télégraphie électrique.

Crehore (A.-C.) et Squier G. O. 118 051, D R P, 8 mars 1899. — Procédé pour donner les signaux télégraphiques à l'aide des courants alternatifs.

Ferrié (G.). 118 335, D R P, 30 janvier 1900. — Procédé pour télégraphier au moyen des courants alternatifs.

Gorton. 313 243, B F, 5 août 1901. — Procédé et combinaison d'appareils pour transférer et renvoyer les signaux transmis par un câble télégraphique.

Littlefield. 311 659, B F, 11 juin 1901. — Système perfectionné de télégraphe.

Loizeau de Grandmaison. 311 119, B F, 23 avril 1901. — Nouveau système de télégraphie.

Rowland Fiklegraphic Company. 312 014, B F, 21 juin 1901. — Système perfectionné de télégraphie électrique.

Rowland Telegraphic Company. 313 325, B F, 7 août 1901. — Perfectionnements apportés aux systèmes de communications télégraphiques.

Rowland Telegraphic Company limited. 313 194, B F, 2 août 1901. — Système de distribution télégraphique.

Société des télégraphes multiples (système E. Mercadier). 315 754, B F, 9 novembre 1901. — Perfectionnements apportés à la télégraphie multiple utilisant des courants ondulatoires ou alternatifs.

Appareils télégraphiques. — Somssich. 314 691, B F, 3 octobre 1901. — Ligne souterraine isolée pour les télégraphes.

Siemens et Halske. 117 611, D R P, 16 février 1900. — Télégraphe à cadran.

World, Flash Company. 314 011, B F, 4 septembre 1901. — Système perfectionné de transmetteur télégraphique.

Shirley et Skirrow. 314 054, B F, 6 septembre 1901. — Perfectionnements apportés aux manipulateurs ou touches télégraphiques.

Gardner (J.). 117 985, D R P, 31 mars 1900. — Disposition à main pour récepteur Morse travaillant par moteur.

Cerebotani (L.) et Mandelli (C.). 117 984, D R P, 17 septembre 1899. — Manipulateur automatique pour télégraphe Morse ou télégraphe imprimant.

Tome XXXII — Samedi 13 Septembre 1902. — 9e Année — N° 37

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).

M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Le Congrès de la « Houille blanche ». — C'est à Chamonix, au pied du Mont-Blanc, en face des « magasins de houille blanche » les plus considérables des Alpes françaises, que s'est terminé, samedi dernier 13 septembre, le Congrès de la Houille blanche.

Nous avons déjà dit dans le précédent numéro combien grande a été la réussite de ce Congrès, en ce qui concerne le nombre des adhérents; nous ne reviendrions pas sur ce point si une coquille — que nous n'avons pu corriger, nous trouvant à Annecy au moment du tirage de ce numéro — ne nous avait fait dire que les organisateurs les plus optimistes comptaient sur *deux* congressistes : c'est *deux cents* que nous avions écrit, ce que nos lecteurs ont certainement compris.

Ajoutons qu'en ce qui concerne l'organisation matérielle du Congrès, la réussite a été aussi des plus complètes. Il n'était cependant pas facile d'assurer les transports, la nourriture et le coucher de près de cinq cents personnes. Les commissaires du Congrès n'ont que plus de droit aux sincères remerciements des congressistes. M. Pinat, le sympathique président du Congrès n'a pas manqué de les leur exprimer à la dernière réunion qui eut lieu à Chamonix et les « bans » nourris qui ont suivi le discours de M. Pinat ont prouvé notre reconnaissance.

Malgré les dangers réels que présentaient les visites des installations électriques à haute tension, ainsi que les excursions dans les régions montagneuses, aucun accident n'est venu assombrir la bonne humeur des congressistes. Tout au plus y a-t-il à signaler quelques incidents. Sur le trajet du Fayet à Chamonix, le train électrique s'étant arrêté en pleine voie pour la visite de l'usine de Servoz, un congressiste, qui n'était probablement pas électricien, mit le pied sur le rail de contact; il fut renversé par le choc, mais son imprudence n'eut pas d'autre suite. Un autre congressiste, électricien, ou plutôt électrochimiste, eut également le désagrément de ressentir un choc à 600 volts, son parapluie, à tige métallique, ayant touché l'un des conducteurs extérieur d'une voiture. Enfin en descendant de voiture pour la visite de l'usine de Chedde, un congressiste se luxa le pied; c'est l'accident le plus grave qui nous ait été signalé.

Tout aurait donc marché à souhait, si le temps, relativement beau pendant les premiers jours, ne s'était mis franchement à la pluie lors de l'excursion à Chamonix. Les visites des usines de Servoz et des Chavants qui alimentent la ligne Fayet-Chamonix s'en ressentirent : la première ne fut faite que par un petit nombre de congressistes intrépides, parapluie au poing; la seconde, qui promettait une promenade des plus pittoresques en montagne, dut être abandonnée. Les excursions que beaucoup d'entre nous se proposaient d'effectuer dans les environs de Chamonix, durent aussi être abandonnées. Espérons que les quelque cent cinquante congressistes qui se sont fait inscrire pour l'excursion de quatre jours en Suisse n'ont pas eu trop à se plaindre de l'inclémence du temps et qu'ils n'ont pas, comme plusieurs congressistes revenus directement à Paris et dont nous sommes, rapporté comme souvenir cuisant de leur séjour à Chamonix un rhume de cerveau des moins enviables.

Les résultats du Congrès. — Si l'on excepte ces conséquences désagréables de la pluie et de la boue glacées de Chamonix, les résultats du Congrès sont des plus satisfaisants.

Parmi les divers buts que le Syndicat des industriels hydrauliques envisageait en organisant le Congrès, le principal était de faire connaître les avantages et les inconvénients qui résulteraient de l'application des divers projets de loi qui sont actuellement déposés au Parlement pour la réglementation de l'utilisation des chutes d'eau. Ce but a été pleinement atteint : ceux qui, en arrivant au Congrès,

Apple. 318 962, B F, 22 février 1902. — Perfectionnements dans les piles électriques.

Bazin. 320 066, B F, 29 mars 1902. — Perfectionnements aux piles primaires.

Carlet de la Rozière et Jarry. 320 155, B F, 3 avril 1902. — Pile batterie primaire à voltage illimité disposée dans un vase unique.

Delafon. 319 788. B F, 20 mars 1902. — Système de pile hermétique à liquide immobilisé.

Friese. 317 551, B F, 6 janvier 1902. — Pile électrique avec fermeture en liège et parties interchangeables.

Leblond. 318 329, B F, 3 février 1902. — Perfectionnements apportés aux piles électriques.

Rosset. 316 999, B F. 18 décembre 1901. — Pile électrique.

Rosset. 319 532, B F, 12 mars 1902. — Pile primaire et secondaire dont le dépolarisant est un sel supérieur des halogènes.

Société anonyme L'Éclairage électrique sans moteur, 319 179, B F, 28 février 1902. — Construction perfectionnée des piles à deux liquides séparés par diaphragme intérieur.

Warnon. 318 025, B F, 24 janvier 1902. — Nouvelle construction des piles sèches.

Mors. 320 098, B F, 1er avril 1902. — Procédé d'immobilisation des liquides excitateurs dans les piles dites : piles-sèches.

Apple. 318 963, B F, 22 février 1902. — Perfectionnements dans les accumulateurs ou piles secondaires.

Brault de Bournonville. 317 565, B F, 10 janvier 1902. Accumulateur électrique à électrodes horizontales formées d'assiettes poreuses supportant la matière active.

Canellopoulos. 318 727, B F, 15 février 1902. — Perfectionnements apportés aux accumulateurs.

Davade. 320 278, B F, 8 avril 1902. — Perfectionnements dans les accumulateurs électriques.

Deplanque. 318 555, B F, 10 février 1902. — Perfectionnements aux accumulateurs électriques.

De Sedneff. 317 552, B F, 6 janvier 1902. — Accumulateur électrique.

Fournier. 317 812, B F, 17 janvier 1902. — Accumulateur électrique à électrodes en charbon, système Fournier.

FREDET. 319 528, B F, 12 mars 1902. — Accumulateur électrique avec enveloppe en toile de plomb ou d'alliage de plomb.

FREDET. 319 529, B F, 12 mars 1902. — Accumulateur électrique à cloisons poreuses.

GALY et RAIN. 317 962, B F, 21 janvier 1902. — Accumulateur léger.

GONIN. 318 912, B F, 21 février 1902. — Perfectionnements aux électrodes d'accumulateurs.

LAMMERTS. 318 132, B F, 27 janvier 1902. — Perfectionnements aux accumulateurs portatifs.

MATHIAS. 317 634, B F, 9 janvier 1902. — Perfectionnements aux accumulateurs électriques.

OPPERMANN. 317 621, B F, 8 janvier 1902. — Perfectionnements dans les accumulateurs.

PLACET. 320 214. B F, 4 avril 1902. — Perfectionnements aux accumulateurs électriques.

PORTER. 319 764, B F, 19 mars 1902. — Perfectionnements relatifs aux accumulateurs.

SCHMITT et ROITEL. 320 166, B F, 3 avril 1902. — Système nouveau d'accumulateur électrique.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ETABLISSEMENTS PARVILLÉE FRÈRES ET C[ie], 312 492, BF, 8 juillet 1901. — Electrodes métallo-céramiques pour accumulateurs.

SOCIÉTÉ « LA FORCE HARAN et C[o] ». 320 257, B F, 7 avril 1902. — Nouvel élément d'accumulateurs électriques.

ZÖPKE. 317 441, B F, 31 décembre 1901. — Accumulateur électrique régénérable par des gaz.

SUSSMAN. 319 550, B F, 13 mars 1902. — Perfectionnements apportés à la fabrication de la matière active pour plaques d accumulateurs électriques.

SOCIÉTÉ « LE CARBONE ». 318 080, B F, 25 janvier 1902. Electrode dépolarisante à matière active amovible.

PESCATORE. 317 142, B F, 23 décembre 1901. — Nouveaux moyens pour appliquer la matière active dans les plaques des accumulateurs.

DELAITRE et OLIVIER. 317 217, B F, 24 décembre 1902. Système de bourrage végétal pour accumulateurs et piles électriques.

MONNIER. 318 630, B F, 12 février 1902. — Perfectionnements aux vases d'accumulateurs.

DININ. 317 020, B F, 19 décembre 1901. — Chargeur universel pour accumulateurs électriques.

Transmission et Distribution.

GRIVEAUD. 317 392, B F, 20 décembre 1901. — Système de poteaux et potelets métalliques.

PELLEGRIN. 317 242, B F, 28 décembre 1901. — Poteau en ciment armé.

HACKETHAL. 317 622, B F, 8 janvier 1902. — Isolateur.

SOCIÉTÉ D'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE ET INDUSTRIEL (ANS. ETS. GARDY, FRÈRES). 317 316, B F, 26 décembre 1901. — Isolateur armé pour canalisations électriques.

WILSON. 319 706, B F, 18 mars 1902. — Dispositif de sûreté applicable aux conducteurs électriques aériens pour éviter tout danger en cas de rupture ou dans le cas où des fils téléphoniques télégraphiques ou autres viendraient à tomber en travers d'eux.

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES. 320 210, B F, 4 avril 1902 — Nouveau procédé de fabrication des câbles électriques.

CUMMINGS 319 234, B F, 3 mars 1902. — Perfectionnements apportés aux conducteurs électriques isolés.

FELTEN et GUILLEAUME CARLSWERK AKTIEN GESELLSCHAFT. 319 609, B F, 14 mars 1902. — Câble ou conducteur électrique à isolement d'air.

MARTIN. 317 347, B F, 28 décembre 1901. — Procédé et appareil pour fabriquer du fil électrique isolé.

SCHMIDMER et C[ie]. 319 667, B F, 17 mars 1902. — Procédé d'assemblage de fils conducteurs d'électricité.

BEAU. 318 666, B F, 13 février 1902. — Gaine souple à rainures ou canaux multiples en matière isolante pour canalisations électriques.

Borel. 317 264, B F, 24 décembre 1901. — Perfectionnement dans l'installation des câbles électriques souterrains.

Burger. 319 292, B F, 4 mars 1902. — Tuyaux en tôle cimentée pouvant servir de support pour conduites électriques, etc.

Witzenmann et Bühler. 318 234, B F, 30 janvier 1902. — Enveloppe protectrice constituée par des tronçons de tuyaux métalliques hélicoïdaux pour lignes électriques et autres.

Baseneau. 320 198, B F, 4 avril 1902. — Procédé pour la fabrication d'une matière isolante utilisable en électricité et pour d'autres emplois.

De Karavodine. 319 264, B F, 4 mars 1902. — Procédé pour la fabrication d'un nouveau produit isolant à base de corps résineux vulcanisés, résistant à des températures élevées, dénommé « l'ébonitine. »

Ulbrich et Pommerhanz. 319 397, B F, 8 mars 1902. — Procédé pour la fabrication d'un lubréfiant bon conducteur d'électricité.

Cogswell. 318 373, B F, 4 février 1902. — Perfectionnements dans les commutateurs électriques.

Compagnie générale d'électricité de Creil (Etablissement Daydé et Pillé). 319 114, B F, 27 février 1902. — Commutateur automatique.

Ginies. 318 134, B F, 27 janvier 1902. — Commutateur à un nombre indéfini de direction.

Higginson. 317 865, B F, 17 janvier 1902. — Commutateur électrique.

Loewen. 319 109, B F, 27 février 1902. — Perfectionnements aux commutateurs électriques fonctionnant automatiquement à intervalles déterminés.

Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. 317 150, B F, 20 décembre 1901. — Perfectionnements aux disjoncteurs automatiques.

Compagnie générale d'électricité. 319 536, B F, 13 mars 1902. — Interrupteur électrique à double articulation.

Durand. 317 682, B F, 11 janvier 1902. — Interrupteur de lumière électrique ou de transport de force.

Jacomin. 318 133, B F, 27 janvier 1902. — Interrupteur commutateur pour lumière et bouton d'appel.

Konitzer. 319 226, B F, 3 mars 1902. — Interrupteur à cornes automatiques pour conducteurs aériens à haute tension.

Mac Elroy Grunow Electric Railway. 317108, BF, 21 décembre 1901. — Perfectionnements aux interrupteurs électromagnétiques et à leurs dispositifs de commande.

Risacher et Hébert. 318042, BF, 24 janvier 1902. — Interrupteur à rupture rapide sans ressorts.

Baldensperger. 319946, BF, 25 mars 1902. — Appareil pour la fermeture et l'ouverture automatique de circuits électriques.

Compagnie générale pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. 316766, BF, 1er décembre 1901. — Perfectionnements aux coupe-circuits ou disjoncteurs automatiques.

Compagnie Française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. 317317, BF, 27 décembre 1901. Perfectionnements aux coupe-circuits.

Konitzer. 320206, BF, 4 avril 1902. — Dispositif de mise en court-circuit entrant en fonction en cas de rupture d'un conducteur dans les lignes aériennes à haute tension.

Roche. 317596, BF, 7 janvier 1902. — Coupe-circuits pour appareils électriques portatifs.

Sachs. 316988, BF, 17 décembre 1901. — Perfectionnements apportés aux boites de commutateurs électriques à coupe-circuit fusible.

De Champrobert. 320334, BF, 10 avril 1902. — Rhéostat perfectionné.

Hoppelt. 318561, BF, 10 février 1902. — Résistance électrique.

Société Schneider et Cie. 319701, BF, 18 mars 1902. — Parafoudre pour installations électriques.

Phillips. 318482, BF, 7 février 1902. — Contrôleur de courant électrique.

Kaiser. 317077, BF, 20 décembre 1901. — Régulateur automatique de tension.

Mac Donnal. 320268, BF, 8 avril 1902. — Régulateurs pour circuits électriques.

Chevrier. 317669, BF, 10 janvier 1902. — Graduateur de tension.

Société d'électricité Alioth, 317560, BF, 6 janvier 1902. — Système de réglage de la tension dans les installations électriques de distribution à courant continu, avec alimentation par dynamos et accumulateurs.

Société Alsacienne de constructions mécaniques, 318357, BF, 4 février 1902. — Emploi d'un coupleur automatique à action centrifuge.

Schneider. 317150, BF, 23 décembre 1901. — Appareil distributeur automatique de l'électricité.

Lescotes. 317798, BF, 15 janvier 1902. — Appareil récepteur fonctionnant électriquement dans toutes les positions, soit comme indicateur, soit comme allumeur, etc.

Meirowski. 318965, BF, 22 février 1902. — Isolateur pour bobines et enroulements électriques.

Applications mécaniques.

Schneider et Ploeg. 316971, BF, 17 décembre 1901. — Perfectionnements aux électro-aimants.

Couffinhal et ses Fils. 319576, BF, 8 mars 1902. — Dispositifs mécaniques applicables aux moteurs électriques.

Etablissements Postel-Vinay. 317055, BF, 20 décembre 1901. — Nouveau mécanisme pour la manœuvre à distance des régulateurs de moteurs électriques.

Perkins. 320115, BF, 1er avril 1902. — Perfectionnements aux contrôleurs pour moteurs électriques.

Perret. 317313, BF, 30 décembre 1901. — Dispositif électromagnétique moteur.

Siemens et Halske Aktien Gesellschaft. 320250. BF, 7 avril 1902. — Mode de connexion pour le démarrage d'armatures à courant continu.

Lefebvre et la Société A Thirion et Fils. 317800, BF

15 janvier 1902. — Système de commande des pompes mobiles par l'électricité.

DEBOUT et PHILIPPE. 318 877, B F, 20 février 1902. — Dispositif de distribution à heures déterminées applicable particulièrement comme allumeur extincteur automatique.

INTERNATIONAL SELF WINDING CLOCK C°. 318 617, B F, 12 février 1902. — Horloge à remontage électrique.

MILDE CH. et FILS. 319 834, B F, 22 mars 1902. — Appareil de minuterie.

MILDÉ (Ch.) FILS et Cie et MARTIN (M.), 318 785, B F, 18 février 1902. — Dispositif aux boutons électriques de sonnerie pour empêcher le vol des parties métalliques.

HOCKMEYER. 319 006, B F, 24 février 1902. — Système de commande électrique automatique pour organes régulateurs.

PARSONS et SLOPER. 319 024, B F, 24 février 1902. — Perfectionnements dans les systèmes pour organes régulateurs.

LOZIER. 319 047, B F, 1er mars 1902. — Perfectionnements aux appareils avertisseurs, organes à voyant se maintenant dans une position annonciatrice durant le courant électrique en circuit.

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ DE CREIL (Etablissement Daydé et Pillé). 316 972, B F, 17 décembre 1901. — Dispositif pour la transmission des mouvements.

MOSELEY. 317 752, B F, 14 janvier 1902. — Perfectionnements aux timbres à date et à heure.

SGIALPI. 317 088, B F, 21 décembre 1901. — Indicateur électrique continu de vitesse de rotation.

GRAMMONT. 317 071, B F, 20 décembre 1901. — Electrogoniomètre.

Télégraphie et Téléphonie.

THOMSON. 319 647, B F, 15 mars 1902. — Système perfectionné d'oscillateur électrique.

ARMSTRONG et ORLING, 318 423, B F, 5 février 1902. — Perfectionnements apportés aux moyens et appareils pour faire fonctionner et contrôler des appareils télégraphiques, téléphoniques et autres, à distance, sans fil ou autre connexion analogue.

COMPAGNIE FRANÇAISE DES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES SANS FIL. 318 528, B F, 8 février 1902. — Système de récepteur d'ondes électriques (procédé Branly).

ESNAULT-PELTERIE. 318 667, B F, 13 février 1902. — Relais sensible de télégraphie sans fil.

MAICHE. 318 007, B F, 23 janvier 1902. — Nouveau mode de transmission et de réception des courants télégraphiques et téléphoniques, sans autre conducteur que la terre et l'eau

MAICHE et FARGAS. 318 507, B F, 8 février 1902. — Nouveau système de télégraphie et de téléphonie sans fil.

MAICHE et FARGAS. 320 267, B F, 8 avril 1902. — Nouveau mode de transmission sans fil des courants télégraphiques et téléphoniques, en employant comme conducteurs la terre et l'eau.

GROSSLAND. 317 182, B F, 24 décembre 1901. — Perfectionnements apportés aux poteaux télégraphiques.

LORAIN. 318 046, B F, 24 janvier 1902. — Système de potelets métalliques combinés pour supports de lignes télégraphiques, téléphoniques, etc.

MURRAY. 317 780, B F, 14 janvier 1902. — Perfectionnements dans la télégraphie électrique.

PEIRCE. 319 470, B F, 11 mars 1902. — Système perfectionné de télégraphe.

ROUVIER. 317 235, B F, 28 décembre 1901. — Perfectionnement au genre d'appareil imprimeur breveté le 7 avril 1897 sous le n° 265 658.

DE BEUZE. 319 333, B F, 23 janvier 1902. — Système de télégraphie multiple applicable au télégraphe Hughes, dit « multiplex de Beuze ».

BUSS Eduard et Otto BUSS. 319 425, B F, 8 mars 1902. — Procédé et appareil pour la transmission télégraphique d'images.

Mayberry. 317 749, B F, 14 janvier 1902. — Système de téléphonie.

The American Machine Telephone Company Limited. 319 844, B F, 22 mars 1902. — Perfectionnements dans les téléphones.

Wery. 319 474, B F, 11 mars 1902. — Perfectionnements aux appareils téléphoniques.

Arethens. 317 111, B F, 21 décembre 1901. — Clé commutatrice pour appareil téléphonique électrique.

Andriano. 318 680, B F, 14 février 1902. — Perfectionnements dans l'isolement des circuits pour la communication secrète dans les systèmes téléphoniques, comprenant des mécanismes indépendants de commutation et de signalisation et des dispositifs de contrôle des circuits y reliés.

Baird. 319 468, B F, 11 mars 1902. — Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques à paiement préalable.

Bopp. 317 127, B F, 23 décembre 1901. — Appareil de contrôle à contacts et combinaisons.

Cerefotani et Baumer. 318 255, B F, 31 janvier 1902. — Commutateur pour installations téléphoniques et télégraphiques.

Faller et Chilsholm. 319 863, B F, 22 mars 1902. — Système automatique d'intercommunications téléphoniques.

Lambert. 318 304, B F, 1er février 1902. — Commutateur pour bureaux de téléphone avec mise en circuit et mise hors circuit automatiques du récepteur de l'employé.

Lambert. 318 305, B F, 1er février 1902. — Système commutateur du compteur des conversations pour bureaux de téléphone.

Lambert. 318 333, B F, 3 février 1902. — Communication pour bureaux téléphoniques avec batterie centrale microphonique.

Lambert. 318 368, B F, 4 février 1902. — Loquet pour commutateur multiple.

Ducretet et Gaillard. 317 785, B F, 15 janvier 1902. — Microphone pour forts courants.

Houbigant. 319 950, B F, 26 mars 1902. — Appareil téléphonique à microphone à balancier.

Maiche. 319 155, B F, 28 février 1902. — Nouveau moyen destiné à augmenter la sensibilité des microphones.

Maiche. 319 195, B F, 1er mars 1902. — Nouveau récepteur des courants électriques.

Menninghoff. 318 901, B F, 21 février 1902. — Embouchure téléphonique mobile.

Pasquet. 219 768, B F. 19 mars 1902. — Perfectionnements aux transmetteurs microphoniques.

Schmidmer et Co. 320 137, B F, 2 avril 1902. — Conducteur intercalaire pour microphones.

Siemens et Halske Aktien Gesellschaft. 318 458, B F, 6 février 1902. — Boîte pour microphones à capsule.

Applications thermiques.

Bonnier. 317 263, B F, 23 décembre 1901. — Tissu électro-calorique.

Herrgolt. 317 991, B F, 22 janvier 1902. — Nouveau tissu électrique chauffant.

Philipps. 318 123, B F, 27 janvier 1902. — Peignoir de sudation à chauffage électrique.

Bremer. 318 606, B F, 12 février 1902. — Matière thermo-électrique.

Dutertre. 317 221, B F, 26 décembre 1901. — Appareils d'électro-rôtissage par incandescence au moyen de tubes lumineux, et pour toutes autres applications en découlant.

Faller. 317 095, B F, 21 décembre 1901. — Procédé et dispositif pour brûler la fumée dans les foyers par l'étincelle électrique.

Larat. 316 945, B F, 17 décembre 1901. — Système de chauffage électrique des liquides.

ROUX. 318 750, B F, 17 février 1902. — Joint métallique hermétique, obtenu par la liquéfaction à volonté, d'un métal quelconque au moyen d'un courant électrique.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ETABLISSEMENTS PARVILLÉE FRÈRES et Cie. 317 845, B F, 17 janvier 1902. — Filament pour lampes chauffantes et autres.

Eclairage.

Arc. — BASTEAU. 317 301, B F, 27 décembre 1901. — Lampe à arc.

BERNARD. 320 039, B F, 29 mars 1902. — Lampe à arc.

BIGNON et EISENMANN. 318 769, B F, 17 février 1902. — Lampe à arc en vase clos.

CAPITAINE. 317 188, B F, 24 décembre 1901. — Lampe régulateur à arc électrique.

CUENOD. 317 345, B F, 28 décembre 1901. — Lampe à arc pour courant alternatif.

GUEUGNON. 319 046, B F, 1er mars 1902. — Lampe à arc à régulateur constant sous débit variable.

HEANY. 318 790, B F, 18 février 1902. — Perfectionnements dans les lampes à arc.

KOECHLIN. 317 374, B F, 30 décembre 1901. — Nouveau système de lampe à arc en vase clos.

KORTING et MATHIESEN AKTIENGESELLSCHAFT. 319 433, B F, 8 mars 1902. — Lampe à arc avec paroi protectrice disposée au-dessus de l'arc électrique.

PATROUILLEAU et MONDON. 319 042, B F, 22 février 1902. — Lampe à arc à courant alternatif, à circuit sans fer, à champ tournant équilibré.

RIGNON et EISENMANN. 319 690, B F, 17 mars 1902. — Lampe à arc à combustion lente dont les charbons sont inclinés l'un par rapport à l'autre.

SAUTTER, HARLÉ et Cie. 318 327, B F, 3 février 1902. — Nouvelle lampe à charbons horizontaux pour projecteurs de lumière électrique.

SIEMENS et HALSKE. 318 010, B F, 23 janvier 1902. — Lampe à arc à haute tension.

BROCA et PELLIN. 318 994, B F, 24 février 1902. — Charbons photogéniques et photographiques.

CONRADTY. 318 620, B F, 12 février 1902. — Procédé de fabrication d'électrodes en charbon pour lampes à arc.

GEBRÜDER SIEMENS et Cie. 319 256, B F, 3 mars 1902. — Charbon à enveloppe pour lampes à arc.

HOPFELT. 319 893. B F, 24 mars 1902. — Procédé pour former les électrodes de lampes à arc.

HOPFELT. 320 238. B F, 5 avril 1902. — Procédé de préparation d'électrodes pour lampes à arc.

KEYSER. 317 325, B F, 27 décembre 1901. — Procédé de fabrication d'électrodes à carbure pour lampes.

KEYSER. 317 353. B F, 28 décembre 1901. — Procédé de fabrication d'électrodes en carbure de grande conductibilité pour lampes à arc.

SIEMENS et HALSKE AKTIENGESELSCHAFT. 318 774, B F, 17 février 1902. — Charbon pour lampe à arc électrique.

SAUTTER HARLÉ et Cie. 317 056, B F, 20 décembre 1901. — Nouveau système permettant le remplacement rapide des lampes et des charbons dans les projecteurs électriques.

Incandescence. — COMPAGNIE INTERNATIONALE DE CHAUFFAGE PAR L'ELECTRICITÉ, 319 461, B F, 10 mars 1902. — Perfectionnements aux lampes électriques et aux portelampes.

HEGNER. 317 368, B F, 30 décembre 1901. — Perfectionnement à l'éclairage électrique par incandescence.

LAGARDE. 318 093, B F, 25 janvier 1902. — Lampe électrique portative.

MAC OUAT. 319 095, B F, 25 février 1902. — Perfectionnements dans les lampes électriques à incandescence.

ROMAIN et D'AYGUESVIVES. 320 048, B F, 29 mars 1902. — Perfectionnements apportés aux supports pour lampes électriques à incandescence.

SIEMENS et HALSKE. 317 527, B F, 4 janvier 1902. — Procédé pour la fabrication de lampes électriques à incandescence à faible consommation.

WOHLMUTH. 319 502, B F, 11 mars 1902. — Disposition nouvelle de lampe à incandescence pour incriptions lumineuses.

HOUBOIS. 317 373, B F, 30 décembre 1901. — Support pour réflecteur en verre argenté ou opalisé de lampes à incandescence.

THE YOST MULLER Co. 318 146. B F, 27 janvier 1902. — Perfectionnements aux douilles de lampes à incandescence.

WEISSMANN. 318 033, B F, 24 janvier 1902. — Système de montage et de connexion des lampes électriques à incandescence.

ROQUET-LABANNE. 318 312, B F, 3 février 1902. — Procédé d'éclairage électrique par courants intermittents sur lampe à incandescence de voltage inférieur munie d'une double enveloppe en verre.

LAURENT. 317 983, B F, 22 janvier 1902. — Nouvelle brosse destinée au nettoyage des lampes électriques à incandescence.

FARKAS. 317 132, B F, 23 décembre 1901. — Système de mise en marche des lampes de Nernst.

Divers. — KULL. 318 300, B F, 4 février 1902. — Dispositif commutateur automatique aux dynamos pour l'éclairage électrique des véhicules de chemins de fer.

LHEYRAUD. 318 254, 31 janvier 1902. — Système d'éclairage électrique au moyen de lampes conjuguées.

SEVE. 318 821, B F, 17 février 1902. — Nouveau lustre extensible à nombre de branches quelconques.

TAYLOR (Mlle). 318 951, B F, 22 février 1902. — Procédé et moyens perfectionnés pour réfléchir, accroître et intensifier la lumière des lampes électriques, etc.

ROQUET-LALANNE. 318 190, B F, 29 janvier. — Appareil et dispositif permettant l'emploi des lampes à bas voltage sur les distributeurs électriques à voltage moyen (100 à 120 volts).

RISACHER et HÉBERT. 319 246, B F, 3 mars 1902. — Multi-commutateur automatique pour jeux de lumière.

YUNG et Cº. 320 255, B F, 7 avril 1902. — Système rationnel d'éclairage des tableaux et voitures.

BEAU. 319 570, B F, 13 mars 1902. — Panneaux velums et autres surfaces souples ou tendues à effets décoratifs lumineux.

TABULEWITCH. 317 279, B F, 26 décembre 1901. — Perfectionnements apportés au mode de production de la lumière électrique et aux appareils destinés à cet effet.

Electrochimie et Electrométallurgie.

CLERC et KŒCHLIN. 320 256, B F, 7 avril 1902. — Perfectionnements aux procédés et appareils de fabrication des chaux, ciments, plâtres, etc.

D'ANDRIMONT. 317 513, B F, 3 janvier 1902. — Système d'anode.

JACOLLIOT. 318 389, B F, 4 février 1902. — Emploi de l'arc électrique comme réactif dans la fabrication de l'acier.

LA COUR et RINK. 319 388, B F, 7 mars 1902. — Procédé et appareil pour former et régénérer des cathodes en mercure dans des conditions régulières.

NODON et PIETTRE. 319 957, B F, 26 mars 1902. — Procédé d'oxydation par le courant électrique.

OZON-MAATSCHAPPY (système A. Vosmaer). 319 564, B F, 13 mars 1902. — Disposition pour favoriser les décharges obscures dans les appareils ozoniseurs.

RAMBALDINI. 317 436, B F, 31 décembre 1901. — Procédé d'appareil pour l'électrolyse à trois liquides.

Mesures.

BASTIAN. 317 653, B F, 9 janvier 1902. — Perfectionnements apportés aux compteurs électrolytiques d'électricité.

BLATHY. 317 177, B F, 24 décembre 1901. — Compteur à courant alternatif d'après le système Ferraris.

ISHAM fils. 317 443, B F, 31 décembre 1901. — Perfectionnements apportés aux compteurs marqueurs.

LECLERC. 318 895, B F, 21 février 1902. — Induit pour compteur-moteur.

LEVIN. 317 995, B F, 22 janvier 1902. — Compteur-moteur à courant alternatif à charge anti-inductrice.

LUNSCHE INDUSTRIEWERKE. 319 332, B F, 5 mars 1902. — Compteurs à coulombs.

ARCIONI. 318 928, B F, 21 février 1902. — Perfectionnements dans les appareils servant à la mesure des courants électriques avec retour automatique de l'équipage mobile au zéro.

CONRAD. 318 558, B F, 10 février 1902. — Instrument indiquant la relation de phase à la différence de fréquence de deux circuits à courants alternatifs ou polyphasés.

HARTMANN et BRAUN AKTIENGESELLSCHAFT. 317 195, B F, 24 décembre 1901. — Indicateur enregistreur de courant maximum.

MEYLAN ET LA COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ. 319 883, B F, 24 mars 1902. — Perfectionnements aux shunts destinés à perfectionner avec les ampères-mètres, les compteurs, etc.

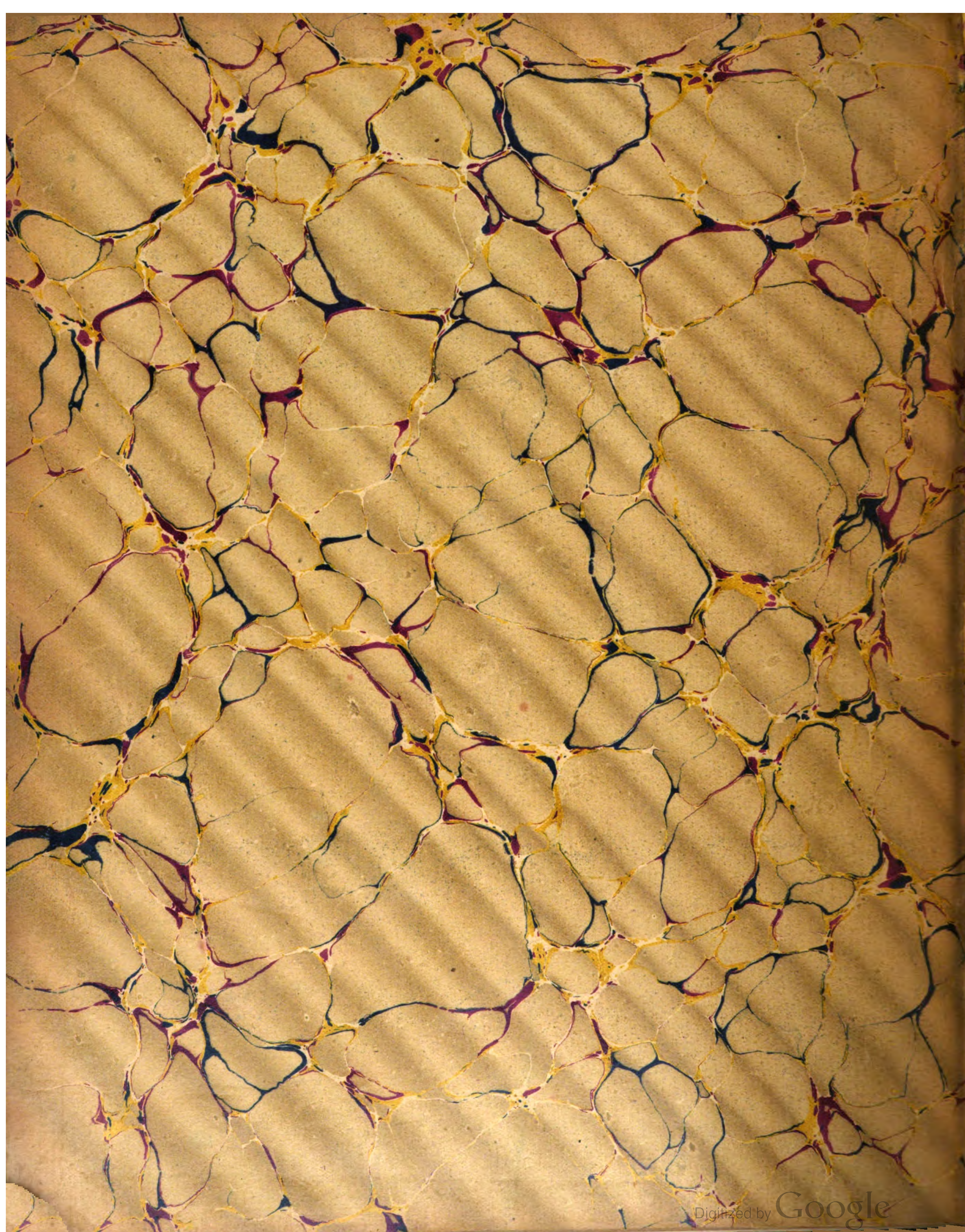
ZIEGENBERG. 318 716, B F, 10 février 1902. — Perfectionnements aux électrodynamomètres à bobines plates et à indications directes.

ZIEGENBERG. 317 027, B F, 19 décembre 1901. — Appareil mesureur électro-magnétique.

SCHNEIDER. 319 698, B F, 18 mars 1902. — Dispositif de sûreté empêchant les fraudes dans la consommation des courants électriques alternatifs ou continus distribués par les stations centrales.

AVIS

Ingénieur E. C. P. 1893 et institut Montefiore pouvant disposer de capitaux, demande situation, particulièrement exploitation et installation. S'adresser, *Eclairage Electrique*, nº 38.




UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07500 0334

